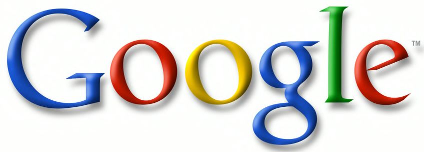


Ernst Hirschfeld

Band 1

Primär-Stationen

Handbuch der Schaltungsschemata

Zweite Auflage

Louis Marcus Verlagsbuchhandlung Berlin S.W. 61

Handbuch
der
Schaltungsschemata.

I. Band.

Handbuch

der

Schaltungsschemata

für

elektrische Starkstromanlagen.

Zweite umgearbeitete und sehr vermehrte Auflage.

In zwei Bänden

für die Praxis bearbeitet

von

Ernst Hirschfeld

unter Mitwirkung von

Halvor Kittilsen,

Ingenieure.

I. Band:

Primärstationen.



BERLIN SW. 61.

Louis Marcus Verlagsbuchhandlung

1904.

Primärstationen

Schaltung

der Stromerzeuger und Stromerzeugungsanlagen

von

Ernst Hirschfeld,
Ingenieur.

I. Band

mit 167 Schaltungsschemata auf 112 Tafeln.



BERLIN SW. 61.
Louis Marcus Verlagsbuchhandlung
1904.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

Vorwort zur ersten Auflage.

Das vorliegende Handbuch soll für den Fachmann, den projektierenden und ausführenden Ingenieur, den praktischen Elektrotechniker, den strebsamen Monteur und Maschinisten einerseits, den Besitzer einer grösseren elektrischen Anlage und den orientierungsbedürftigen Laien anderseits, besonders aber den Anfänger ein leicht fassliches und praktisches Nachschlagebuch sein, um sich über eine gerade geforderte Schaltung sofort klar werden zu können.

Daher bietet es nur in der Praxis gesammelte und erprobte Schaltungen.

Im Text sind, dem Zweck des Werkes entsprechend, alle höhere theoretische Vorkenntnisse erfordernden Erläuterungen, die das Werk viel zu kompendiös gestaltet hätten, fortgelassen, zumal es in der technischen Literatur eine ganze Zahl solcher für jeden Fall einschlägigen Lehrbücher gibt, um sich gewünschtenfalls genauer zu unterrichten; trotzdem hofft Verfasser, diejenigen Gebiete, auf denen ein gewisses Vorstudium immerhin notwendig ist, soweit fasslich dargestellt zu haben, als dies bei der knappen Wahl des Textes dem Zwecke des Buches entsprechend notwendig ist.

Dem Verfasser lag für die Abfassung des Handbuches der Gedanke zugrunde, daß dies Werk, welches das erste derartige auf dem Gebiete der technischen Literatur ist, seinen Zweck erfüllen und dem in die Praxis tretenden Fachmanne, an den immer höhere Anforderungen gestellt werden, ein lange entbehrtes Hilfsbuch für die tägliche Ausübung seines Berufes sein möge.

Gleichzeitig soll an dieser Stelle den betreffenden Fachgenossen und Firmen, sowie dem Verbande Deutscher Elektrotechniker, welche in liebenswürdigster Weise dem Verfasser Material zur Vervollständigung des Werkes zur Verfügung gestellt haben, Dank gesagt werden mit der Bitte, durch gütige weitere Zuschriften und Ratschläge eine eventuelle zweite Auflage zu einer noch vollkommeneren gestalten zu helfen.

Dortmund, im Mai 1901.

Der Verfasser.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Gerne komme ich dem Wunsche der Verlagsbuchhandlung nach, eine zweite Auflage des „Handbuches der Schaltungsschemata“ zu bearbeiten, da ich durch die Tatsache, dass die erste Auflage in so kurzer Zeit vergriffen ist, meine Annahme bestätigt finde, dass der elektrotechnischen Literatur ein Werk wie das vorliegende gefehlt hat.

Da die erste Auflage als erstes derartiges Werk ohne jeden Anhalt an Vorbilder entstand, war es selbstverständlich, dass derselben einige Mängel anhafteten, die in der neuen Auflage nach Möglichkeit vermieden wurden.

Ausserdem war es nötig, Schaltungen von Anlagen in denjenigen Industriezweigen, die sich erst neuerdings eingehender dem elektrischen Betriebe zuwenden, und wo früher sichere Erfolge nicht vorlagen, hinzuzunehmen, wie z. B. Bergwerksanlagen und Schnellbahnen.

Sämtliche anderen Abschnitte sind bedeutend erweitert, wie besonders Elektrizitäts-Werke, Strassenbahnen, Kran- und Fahrzeugschaltungen u. s. w., sodass die früheren Lücken ausgefüllt sein dürften.

Durch diese Erweiterung ist das Werk jedoch so umfangreich geworden, dass eine Teilung in zwei Bände notwendig wurde, von denen der erste die Primärstationen, der zweite die Sekundärstationen und Nebenapparate behandelt. Die vielseitig gewünschte Einteilung in I. Gleichstrom, II. Ein- und Mehrphasenströme liess sich infolge der hierbei nötigen vielen Wiederholungen nicht durchführen. Auch mussten leider der Einheitlichkeit wegen die Tafeln ohne die gewünschte Überschrift erscheinen, da diese Überschrift auf manchen Tafeln einer ganzen Beschreibung gleichen würde und daher nur hätte teilweise durchgeführt werden können. Da die Anordnung der Tafeln jedoch ganz systematisch ist und im Gesamtinhaltsverzeichnis jede Figur benannt ist, hoffe ich, dass dies zum Auffinden einer gewünschten Schaltung genügt.

An dieser Stelle will ich ausserdem meinen Herrn Kollegen für die vielseitigen Anregungen, den Fachzeitschriften für die mir gegebenen Hinweise sowie Herrn Arthur Wulf für seine zeichnerische Hilfe meinen besten Dank aussprechen und hieran die Bitte knüpfen, diese zweite Auflage ebenso wohlwollend wie die frühere aufnehmen zu wollen.

Elberfeld, im März 1904.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis zu Band I „Primärstationen".

Verzeichnis der Schaltungsschemata.

Druckfehlerverzeichnis.

Tafel	Figur	
18	2	statt 310 ohne 620 ohne lies 310 Ohm 620 Ohm.
24	1	auf der Minusseite der Batterie müssen die Zellenschalterhebel entgegengesetzt stehen.
24	2	auf der Plusseite der Batterie müssen die Zellenschalterhebel entgegengesetzt stehen.
31	—	HA_{1-4} sind nicht doppelpolige, sondern je zwei einpolige Schalthebel.
41	—	auf der Plusseite der Batterie müssen die Zellenschalterhebel entgegengesetzt, der Ladehebel nach +, der Entladehebel nach — stehen.
56	—	unter jedem Ampèremeter *A* befindet sich ein Umschalter, um die Erregerleitung auf die eine oder andere +-Schiene umschalten zu können.
62/63	—	der Kurzschlußkontakt der Regulators *ZNR* ist noch mit dem +-Pol der Sammelschienen zu verbinden.
66/67	—	statt NR_{1-6} setze an den Generatoren DG_{1-6} die Bezeichnung HR_{1-6}.
75	2	der eine Pol der Gleichstromseite führt an den Nullpunkt des Drehstromnetzes, nicht an eine Phase.
84	2	der Nebenschlußregulator *NR* hat keinen Kurzschlußkontakt, sondern die an diesem gezeichnete Leitung liegt direkt am Widerstand.
86/87	—	am Zeitschalter *ZSch* sitzt an der Scheibe nur ein sich mitbewegender Kontakt, während der andere fest angeordnet von dem ersten nach je einer Umdrehung berührt wird.
92	—	am Kontroller läuft der Hebelarm des Umschalters *HU* mit einer Rolle in den gezeichneten Schlitz und ist nicht starr in der Mittelstellung verbunden.
106	2	in der Mitte der Zeichnung unten bei *R* sollen die Pole zwischen *SS* nicht verbunden sein, sondern der Hebelkontakt von *R* ist mit einem Umschalter auf die eine oder andere Sicherung *S* schaltbar.
108	2	die Sicherungen *S* sind von links nach rechts jedesmal mit 1—7 zu numerieren. Die eine Leitung von *D* ist dann an 3 statt wie gezeichnet an 2 anzuschließen. Zwischen Leitung 4 und 5 ist jedesmal eine Glocke einzuschalten.

Band I.

I. Abschnitt.

Schaltung der Dynamomaschinen und reinen Maschinenanlagen.

Tafel 1.

Figur 1. Das Prinzip der *Dynamomaschine* beruht darin, daß der nach einmaliger Erregung in den Eisenmassen der Magnete N und S zurückbleibende Magnetismus in den Kupferdrahtwindungen des rotierenden Ankers A Ströme induziert, welche in richtiger Weise um die Elektromagnete N und S geleitet diese stärker magnetisieren und das sich zwischen den Polen bildende magnetische Feld verstärken. Mit dem wachsenden Magnetismus wachsen wieder die induzierten Ströme, und so setzt sich die Wechselwirkung fort, bis die Maschine auf die Höhe ihrer Leistungsfähigkeit gekommen ist.

Der genaue Stromverlauf in Figur 1, einer Hauptstrommaschine, ist nun folgender. Denken wir uns die Magnete N und S zunächst als permanente Stahlmagnete, um die Entstehung des Stromes im Anker festzustellen. Der Anker A besteht aus einer ununterbrochenen Reihe Drahtwindungen, die zur Verstärkung der Induktionswirkung auf einen Eisenkern gewunden werden. Diese Windungen sind an verschiedenen (6) sich gegenüberliegenden Stellen (in der Ausführung jede Windung mit je einem Segment!) mit den 6 Kollektorsegmenten C verbunden. Rotiert jetzt der Anker in der Pfeilrichtung, so werden beim Durchschneiden der, wie stets, vom Nordpol zum Südpol gerichteten Kraftlinien resp. des magnetischen Feldes in den Drahtwindungen Ströme erzeugt, deren Richtung durch folgende Induktionsregel bestimmt wird: *Denkt man sich auf dem Anker liegend das Gesicht stets der Kraftlinienrichtung* (dem N-Pol) *zugewendet, mit dem Kopfe voran mit dem Anker rotierend, so fließt der induzierte Strom in der Richtung des rechten ausgestreckten Armes.* Im Bilde entsteht bei Anwendung dieser Regel daher oben ein Minus- unten ein Pluspol, und zwar an den Stellen, an welchen sich die Einwirkungen der N- und S-Magnetpole gegeneinander aufheben *(Neutraler Punkt!)*. Auf

dieser Stelle haben stets die stromabnehmenden Bürsten zu stehen und müssen dieselben hier funkenlos laufen, wenn die Maschine richtig konstruiert und intakt ist.

Nehmen wir nun an, daß statt des Kollektors und der zugehörigen Verbindungen nur zwei um 180° versetzte Stellen der Ankerwindungen, die in der Zeichnung mit einem Pfeil versehen wurden, mit zwei Schleifringen verbunden sind, so werden wir bei Rotation des Ankers sehen, daß die Stromrichtung, die in der rechten und linken Ankerhälfte entgegengesetzt ist, an den Schleifringen entsprechend dem Vorbeieilen vor dem *N*- oder *S*-Pol wechselt, und zwar würde in der Stellung, wie Figur zeigt, der induzierte Strom in der einen Richtung seinen Höhepunkt erreicht haben, weil die gesamten magnetischen Kraftlinien wirksam sind, dann schwächer werden und bei Zusammenfallen der Stromabnahmestellen mit der Ebene der Kraftlinien auf Null sinken, um dann in entgegengesetztem Sinne wieder zu steigen usw. Wir erhielten daher einphasigen Wechselstrom. Um jedoch einen gleichgerichteten Strom zu erhalten, werden die einzelnen Windungen mit je einer Lamelle verbunden, welche kreisförmig und von einander isoliert angeordnet den Kollektor oder Kommutator abgeben. Die Bürsten nehmen bei Rotation nunmehr den Strom von der jeweiligen neutralen Lamelle ab, sodaß wir gleichgerichteten oder *Gleichstrom* erhalten. Jetzt ersetzen wir die Magnete *N* und *S* durch Elektromagnete und verwenden zur Magnetisierung den im Anker induzierten Strom, den wir nach der Ampèreschen Regel um dieselben herumleiten; diese lautet: *Denkt man sich in der Richtung des Stromes im Drahte schwimmend das Gesicht dem Magnetkern zugewendet, so entsteht der Nordpol zur linken Hand,* oder: *Umfließt der Strom einen Eisenkern in der Drehrichtung des Uhrzeigers, so ist der dem Beschauer zugewendete Pol ein Südpol.* Wir müssen daher den Strom in der Pfeilrichtung um die Magnetkerne fließen lassen.

Wie Figur zeigt, wird nun zur Erregung der gesamte induzierte Strom mitverwendet; man nennt diese Maschine eine Hauptstrommaschine. Würden wir die Drehrichtung des Ankers wechseln, so würde die Richtung des induzierten Stromes ebenfalls sich ändern; da wir aber für die Beibehaltung derselben Magnetpole derselben Stromrichtung in den Magnetwindungen bedürfen, müßten wir die Anschlüsse der Magnetspulen vertauschen oder die Bürsten um 180° verschieben. Liefe die Maschine Figur 1 als Motor, so wäre die Drehrichtung umgekehrt der Pfeilrichtung. Hierüber später bei „Motoren“ in Bd. II.

Bei der *Hauptstrom- oder Serienmaschine* ist der Magnetismus abhängig von der die Magnetschenkel umfließenden, d. h. der im äußeren Stromkreise zwischen + und — herrschenden Betriebsstromstärke. Die Maschine wird daher fast ausschließlich zum Betrieb von Bogenlampenanlagen mit Serien-

schaltung oder Kraftübertragung verwendet. Bei konstanter Tourenzahl und gleichbleibendem Widerstand des äußeren Stromkreises hält die Maschine konstante Stromstärke, bei abnehmendem steigt, bei wachsendem fällt sie. Sie erregt sich daher am schnellsten bei geringstem Widerstand im äußeren Stromkreise (kurz geschlossenem Stromkreise). Die Regulierung geschieht entweder mit Hilfe eines Hauptstromregulators *W*, den man in den Stromkreis schaltet, oder durch Parallelschalten eines Widerstandes zum Magnetkreise. Man kann dieselbe auch am einfachsten durch die Änderung der Tourenzahl erreichen, sobald dieses zulässig ist. Als Lademaschine für Akkumulatoren ist die Serienmaschine nicht geeignet, da sich dieselbe bei Rückstrom umpolen kann und der Antriebsrichtung entgegengesetzt zu laufen bestrebt (s. o.), wobei infolge der bremsenden Wirkung der Strom auf gefährliche Höhe anwächst.

Figur 2 zeigt eine *Nebenschlußmaschine*, die ihre Bezeichnung daher hat, daß die Magnetwindungen zu dem eigentlichen Nutzstromkreise im Nebenschluß liegen, wodurch gleichzeitig bedingt wird, daß bei Verwendung der Maschine als Motor wie als Dynamo durch die Magnetwicklung stets gleiche Pole erzeugt werden, da die Stromrichtung im Nebenschluß stets die gleiche ist, was ferner zur Folge hat, daß die Maschine bei gleichem Anschluß in beiden Fällen gleiche Drehrichtung behält. Die Wirkungsweise der Maschine beruht sonst genau auf den vorher angegebenen Regeln. Bei Änderung der Ankerdrehrichtung wird auch hier wie bei der Hauptschlußmaschine ein entgegengesetzter Strom im Anker und den Magnetspulen und daher falsche Pole erzeugt; man muß demzufolge ebenfalls ein Umtauschen der Magnetwicklung oder Verstellung der Bürstenbrille auf den entgegengesetzten neutralen Punkt vornehmen. Durch letzteres Verfahren ändert man jedoch auch die Stromrichtung im äußeren Stromkreise (d. h. sie wird dieselbe wie in der ersten Drehrichtung, obgleich sie eigentlich umgekehrt sein müßte).

Die Nebenschlußmaschine arbeitet bei veränderlichem äußerem Widerstande und daher variabler Belastung bei konstanter Tourenzahl annähernd mit gleicher Spannung, bei wachsendem steigt, bei abnehmendem fällt sie etwas. Die Erregung geschieht daher bei ausgeschaltetem äußerem Stromkreise, d. h. unendlichem *äußerem* Widerstande am schnellsten. Die Spannung wird mit Hilfe eines Widerstandes *W* reguliert, der in Hintereinanderschaltung mit der Nebenschlußwicklung liegt und die letztere durchfließende Stromstärke reguliert. Die Nebenschlußmaschine wird neuerdings fast ausschließlich verwendet, da sie für fast alle Zwecke als Dynamo am vorteilhaftesten zu gebrauchen ist. Ebenso findet sie zur Ladung von Akkumulatoren Verwendung, da aus oben erwähnten Gründen Rückstrom für sie unschädlich ist, und die Spannung durch Erhöhung der Tourenzahl und Stärkung des Magnetfeldes ebenfalls erhöht werden kann.

Eine erst in neuester Zeit nach dem Patent Dèri u. a. von der Helios E.-A.-G. in die Praxis eingeführte weiter entwickelte Nebenschlußmaschine ist die *kompensierte Nebenschlußdynamo*, welche bei gewissen Betrieben, die mit starken Spannungsänderungen rechnen müssen, zur Verwendung gelangt.

Die normale Nebenschlußmaschine muß, für eine bestimmte Spannung und Tourenzahl gebaut, zur Erzeugung einer bestimmten Stromstärke auch ein entsprechend starkes magnetisches Feld haben, was durch Regulierung der Nebenschlußstromstärke erreicht wird. Eine Maschine von 220 Volt und 100 Ampère kann daher zB. bei 110 Volt Spannung, welche durch Schwächung der Erregungsstromstärke erzielt werden, nicht ihre volle Leistung in Ampère abgeben, sondern nur eine dem magnetischen Feld entsprechende, da sonst infolge der eintretenden Ankerrückwirkungen ein starkes Feuern der Bürsten eintreten würde. Will man daher eine solche Maschine für 110 Volt verwenden, so muß man die Tourenzahl (ungefähr) proportional der Spannung erniedrigen und dann, um die nötige Erregungsstromstärke zu erhalten, die bei 220 Volt hintereinander geschalteten Nebenschlußspulen parallel schalten. Derartige Änderungen sind natürlich im Betriebe nicht möglich.

Die kompensierte Nebenschlußdynamo bietet nun den Vorteil, daß sie bei konstanter Tourenzahl und bestimmter Stromstärke mit jeder beliebigen Spannung von 0 bis zur Sättigung des Feldes funkenlos und ohne Bürstenverstellung arbeitet, was dadurch erreicht wird, daß der Ankerstrom, bevor er in das Netz geht, vor den Polschuhen der Feldmagnete vorbeigeführt wird, wodurch derselbe eine kompensierende Wirkung auf die im Anker auftretenden Reaktionsströme ausübt. Von besonderem Vorteil ist diese Type daher bei Fördermaschinen bezw. Schwungradumformern (s. Abschnitt 7), Zusatzmaschinen für Akkumulatorladung, Straßenbahngeneratoren (wegen der variablen Belastung) usw.

Figur 3. Bei den zuvor besprochenen Dynamomaschinen umschlossen die Elektromagnete den Anker, die Pole lagen also außen, und waren dies daher Außenpolmaschinen mit zwei Polen. Die vorliegende Zeichnung skizziert eine *Innenpolmaschine* (Siemens & Halske) mit vier Polen, bei der die Magnete innerhalb des rotierenden Ankers liegen. Der Strom wird hier an den vier neutralen Punkten direkt von den als Stäbe ausgebildeten Ankerwindungen abgenommen. Die gleichpoligen diametral liegenden Stromabnehmer sind mit einander durch je einen Kupferring leitend verbunden; von letzterem ist die Nebenschlußwicklung mit Zwischenschaltung eines Regulierwiderstandes abgezweigt, und gehen die Leitungen in den äußeren Stromkreis. Die Maschine ist eine Nebenschlußmaschine, wie zu ersehen, und gleicht sonst in Wirkung und Behandlung genau der in Figur 2 aufgeführten Dynamo. Der Nebenschluß ist so um die Magnetkerne gewickelt, daß stets abwechselnde Magnet-

pole erzeugt werden. Praktisch ausgeführt werden diese Maschinen infolge zu kostspieliger Herstellung nicht mehr, daher hat diese Anordnung nur historischen Wert.

Figur 4 ist eine *vierpolige Außenpolmaschine* (Nebenschluß). Die gleichnamigen Stromabnehmer sind mit einander verbunden, sodaß für jeden Pol nur ein Anschluß für den äußeren Stromkreis vorhanden ist. Die Wirkungsweise ergibt sich nach dem Vorhergesagten aus der Zeichnung.

Tafel 2.

Figur 1. Die abgebildete *Nebenschlußmaschine* ist eine vierpolige Außenpoldynamomaschine in Wirkungsweise und Charakteristik den vorstehenden vollkommen gleich, ihre Eigenart besteht nur darin, daß die Kollektorsegmente, welche gleichnamige elektrische Pole führen, bereits innerhalb des Ankers mit einander verbunden werden *(Kreuzschaltung)*, sodaß ein Paar Bürsten erspart und der Kollektor weniger abgenutzt wird. Die Einstellung der Bürsten auf das neutrale Feld ist ebenfalls erleichtert. Es ist selbstverständlich, daß diese, sowie die vorher erwähnten Maschinen mit beliebiger gerader Polzahl als Multipolarmaschinen hergestellt werden können.

Figur 2. Eine Kombination der Haupt- und Nebenschluß-Dynamomaschinen ist die *Kompound-* oder *Doppelschluß-Maschine,* bei welcher zur Erregung des Magnetismus sowohl der Hauptstrom, wie auch Nebenschlußstrom verwendet wird. Die Schaltung der Maschine und die Stromrichtung ergibt sich aus der Zeichnung. Die Nebenschlußwickelung ist parallel zum Ankerstromkreise angeordnet. Bei richtiger Bemessung der beiden Wicklungen hält die Maschine bei konstanter Tourenzahl bei variabler Belastung konstante Spannung. Die Wicklungen können jedoch auch so bemessen werden, daß bei wachsender Belastung die Spannung etwas steigt, um den Spannungsabfall im äußeren Stromkreis auszugleichen *(Überkompoundieren):* Bei Änderung der Drehrichtung ist nicht zu vergessen, sowohl die Haupt-, wie auch die Nebenschlußwicklung umzutauschen (resp. die Bürsten wie früher erwähnt zu verschieben), da sonst beide Wicklungen einander entgegenarbeiten würden, was ein Stromloswerden bezw. Fallen der Spannung der Maschine zur Folge hätte. Auf Grund des genannten Spannungshaltens eignet die Maschine sich vorzüglich für Licht- und besonders Kraftbetrieb mit wechselnder Belastung. Man gibt hierbei jedoch noch fast immer einen Regulierwiderstand W in den Nebenschluß, und zwar, weil einerseits Schwankungen der Antriebsmaschine ausgeglichen werden müssen, anderseits aber auch *ganz* genaues Kompoundieren schwierig ist und die Maschinen für die Praxis zu sehr verteuern würde. Über die Verwendung von Kompoundmaschinen zum Akkumulator-

laden siehe: Tafel 14, Figur 2 und: 20, Figur 1. Es sind diese Verwendungsarten jedoch nur Fälle, wenn die Dynamo vorhanden und eine Batterie nachträglich aufzustellen ist. Normal wird die Komp. Dyn. aus denselben Gründen wie die Hauptstrommaschine nicht zum Laden von Akkumulatoren verwendet.

Figur 3 unterscheidet sich von Figur 2 nur insofern, als die *Nebenschlußwicklung* nicht parallel zum Anker, sondern *parallel zum äußeren Stromkreise* angelegt ist; in dieser Weise wird die Maschine meistens ausgeführt.

Figur 4. Um bei Dreileiter-Anlagen nur eine Dynamomaschine verwenden zu brauchen, führt die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft (A. E.-G.) die *Nebenschlußmaschine mit Spannungsteiler* aus (D. R.-P.). Außer der ganz normalen Konstruktion und den Kollektorverbindungen einer Nebenschlußmaschine, deren Strom von den Bürsten BB bei a und f abgenommen wird, werden zwei (bei mehrpoliger entsprechend mehr) gegenüberliegende Kollektorsegmente b, l (bezw. Ankerwindungen) mit je einem Schleifring c, d verbunden. Die auf diesen Schleifringen liegenden Bürsten nehmen, den früheren Ausführungen konform, Wechselstrom ab, welcher den als Drosselspule wirkenden Spannungsteiler durchfließt, resp. in demselben vernichtet wird. In der Mitte dieser Spule bei N ist nun der O-Leiter angelegt, welcher bei gleicher Belastung beider Netzhälften stromlos ist. Bei ungleicher Belastung entsteht jedoch in der einen Hälfte durch den Spannungsunterschied (superponierter) Gleichstrom, der der anderen Armaturhälfte zufließt, übersteigt daher der Belastungsunterschied gewisse Grenzen (15%), so tritt infolge der Ankerreaktion Feuern der Bürsten an der Dynamo ein. Die Schaltung für Drehrichtung ist dieselbe wie bei der gewöhnlichen Nebenschlußmaschine.

Tafel 3.

Figur 1. Eine *Wechselstrommaschine mit rotierendem Anker*. Die Figur zeigt uns den Vorgang, der sich bei der Stromerzeugung abspielt. Die außen liegenden Elektromagnete N, S, N, S müssen von einer fremden Stromquelle E unter Benutzung eines Magnetregulators MR mit Gleichstrom erregt werden, da die Pole bei Benutzung von Wechselstrom sich dauernd ändern würden. Beim Rotieren des Ankers werden wechselweise in den Ankerkernen N- und S-Pole erregt, wodurch sich daher bei jedem Vorübergang der Kerne an einem Magnetpole die Stromrichtung in den auf dem Anker hintereinandergeschalteten Spulen ändert, welche außerdem so gewickelt sind, daß bei abwechselnd hintereinander liegenden Polen die Richtung des Stromes im ganzen Anker zu gleicher Zeit die gleiche ist. Der Strom entsteht hier jedoch nicht kontinuierlich und gleichmäßig, sondern beruht auf einzelnen Impulsen, die mit

dem jeweiligen Vorübergehen der Ankerspulen vor den Magnetkernen steigen und fallen, in entgegengesetzter Polarität wieder steigen und wieder fallen; dieser zweimalige Wechsel heißt eine *Periode (zweimaliger Polwechsel)*. Durch das Verhältnis der Polzahl und Tourenzahl pr. Minute ist daher die Polwechsel- bezw. Periodenzahl festgelegt, zB.: Tourenzahl pr. Min. $N = 1500$, Polzahl $Z = 4$; $\frac{1500 \times 4}{60} = 100$ Polwechsel oder 50 Perioden (~) per Sekunde. Wird wie in dem vorliegenden Falle während der Dauer einer Periode nur ein ansteigender Strom erzeugt, so haben wir es mit einer Phase d. h. *einphasigem Wechselstrom* zu tun. Werden jedoch während einer Periode zwei oder drei ansteigende Ströme erzeugt, so erhalten wir zwei- oder dreiphasigen *(Drehstrom)* Wechselstrom. Hierüber später. Die Änderung der Drehrichtung bringt nur, wie ja leicht erklärlich, einen geänderten Verlauf der Stromrichtung in den Ankerspulen hervor. Für den äußeren Stromkreis ist dies ohne Bedeutung.

Figur 2. Dieselbe *Wechselstrommaschine* nur *mit rotierendem Feld* und feststehendem Anker. Der Erregerstrom wird umgekehrt wie bei der vorigen Maschine von Schleifringen abgenommen, während die Statorwicklung feste Klemmen hat. Die Maschine eignet sich besonders für hochgespannte Ströme und bildet die gangbarste Anordnung.

Figur 3. Es ist mehrfach versucht worden, jedoch mit bis vor kurzem geringem Erfolge*), *selbsterregende* Wechselstrommaschinen zu bauen. Die Firma Ganz & Co. hat dieses in der Praxis mehrfach durchgeführt und zeigt Figur 3 die getroffene Anordnung. Bei der sechspoligen *einphasigen Wechselstrommaschine,* bei welcher das Feld rotiert, sind fünf Ankerspulen hintereinander geschaltet und endigen bei *a* und *b,* wo der äußere Stromkreis beginnt. Die sechste Spule *1 2* dient zur Erregung des Magnetfeldes, zu welchem Zweck der Strom zwecks Gleichrichtung über einen sechsteiligen mit den Magnetspulen korrespondierenden Kommutator in diese geleitet wird. Von den sechs Kommutatorsegmenten sind je drei wie Zeichnung angibt unter sich verbunden. Um nun einen selbsttätigen Ausgleich der Spannungen — *Kompoundierung* — zu erhalten, wird der Hauptstrom durch die Primärwicklung *d—c* eines Transformators *E* geleitet; die sekundäre Wicklung, *3—4,* wird mit einem Ende *4* mit der vorerwähnten Ankerspule *1 2* verbunden, während *3* an die freie Bürste führt. Steigt jetzt die Stromstärke im äußeren Stromkreise, so wird die Spannung der Sekundärspule und damit die Erregerstromstärke erhöht. Ein Übelstand ist jedoch, daß sich die Funken am Kommutator schwer fortbringen lassen.

---

*) Über kompoundierte sowie selbsterregende Ein- und Mehrphasengeneratoren nach neuen Ausführungen siehe ETZ 03 Seite 51, 52, 95, 213, 844, 917, 1013, 1036/37.

Tafel 4.

Figur 1. Denken wir uns in einem magnetischen Felde *N—S*, wie dies früher bei der Gleichstrommaschine der Fall war, einen Anker mit geschlossener Wicklung rotieren, und verbinden zwei diametral also um 180° verschoben liegende Punkte mit zwei Schleifringen, so erhalten wir, wie wir gesehen haben, an denselben einphasigen Wechselstrom. Versehen wir jedoch je zwei um 90° verschobene Punkte des Ankers (bei zweipoliger Erregung!) mit je zwei Schleifringen, so erhalten wir einen zweiphasigen Wechselstrom. Verbinden wir schließlich drei Schleifringe mit drei um 120° versetzten Punkten des Ankers, so erhalten wir *dreiphasigen Wechselstrom oder Drehstrom.* Figur 1 zeigt uns die praktische Ausführung einer *Drehstrommaschine.* Sechs Ankerspulen sind zu je zweien an drei um 120° versetzten Stellen mit drei Schleifringen verbunden. Die Erregung der Feldmagnete geschieht von einer besonderen Gleichstromquelle. Wird nun der Anker in Rotation versetzt, so erkennen wir, daß die Stromstärke in einer Spule stets gleich der Summe der Stromstärke der beiden anderen Spulen sein muß, welche, da sich die letzteren in der anderen Feldhälfte bewegen, die entgegengesetzte Richtung hat. Mit vorschreitender Ankerbewegung wechseln nun entgegen der Drehrichtung sowohl die Stromstärke in steigender und fallender Weise als auch die Richtung des Stromes in den Spulen, sodaß wir von den drei äußeren Leitungen jeweilig eine als Hin-, die beiden anderen als Rückleitung betrachten können. Infolge der drehenden Bewegung des durch diesen Strom erregten magnetischen Feldes nennen wir dieses auch „Drehfeld" und den dieses erzeugenden Strom „Drehstrom". Die in Figur 1 ausgeführte Schaltung einer Drehstrommaschine ist die sogenannte *Dreieckschaltung,* bei welcher die Enden der einzelnen drei Ankerspulen *1 2 3* untereinander verbunden (geschlossen) sind; von den Verbindungspunkten geht der Strom in den äußeren Kreis. Die drei „Phasen" sind durch eingezeichnete Glühlampen erkennbar. Die Spannung E zwischen den einzelnen Leitungen S_1, S_2, S_3 ist bei dieser Schaltung einander gleich, während die Stromstärken in jeder Leitung nicht i_1, i_2, i_3 sondern $= i_1 \sqrt{3}$, $i_2 \sqrt{3}$, $i_3 \sqrt{3}$ sind, d. h. insgesamt $= 3\, i \cdot \sqrt{3} = J \cdot 1{,}73$ oder in jedem Leiter $J \cdot 0{,}57$.

Figur 2. Der Anker dieser *Drehstromdynamo* zeigt die Verbindung der drei Spulen in sogenannter *Sternschaltung* oder offener Schaltung. Bei dieser werden interne Ströme in der Maschine, wie sie bei der vorigen Ausführung auftreten können, vermieden, und ist dieses die gewöhnlich angewendete Schaltung.

Ein weiterer Vorzug ist, daß infolge des Zusammenwirkens der Windungen diese beschränkter ausfallen. Die Stromstärke in den einzelnen Leitungen ist

bei einer Phasenbelastung von $i_1, i_2, i_3 = i_1, i_2, i_3$, zusammen $= J$, während die Spannung zwischen den Leitungen hier $E\sqrt{3} = E \cdot 1{,}73$ ist.

Figur 3. Wird die letztgenannte Schaltung derartig erweitert, daß man an den Vereinigungspunkt der drei Spulen eine vierte Leitung (mit Schleifkontakt) anlegt, so erhalten wir Figur 3, wobei die vierte Leitung als Null- oder *Ausgleichsleitung* dient. Bei dieser Anordnung unterscheiden wir *Hauptspannung* zwischen S_1, S_2, S_3 und *Phasenspannung* zwischen S_1 und S_0, S_2 und S_0, S_3 und S_0. Letztere ist $= E$, erstere wie Figur 2 $= E\sqrt{3}$. Wir können also bei dieser Schaltung zwei Spannungen verwenden zB. $E = 110$ Volt für Licht- und $E \cdot 1{,}73 = 190$ Volt für Kraftzwecke. Da die Stromstärke in jeder Leitung hier, wie ganz klar, $= i$ ist, so ist die Gesamtleistung der Dynamo $= 3\, i \cdot E$ Watt. Nicht berücksichtigt ist hierbei die Phasenverschiebung, welche durch den $\measuredangle\, \varphi$ bezeichnet wird und eine Folge der Verschiebung von Strom und Spannung ist d. h. die einzelnen Periodenanfänge dieser Faktoren um den $\measuredangle\, \varphi$ verschiebt. Die Phasenverschiebung tritt ein, sobald die Dynamo auf Apparate mit Selbstinduktion (Bogenlampen, Motoren) arbeitet.

Tafel 5.

Figur 1. Eine „*Induktormaschine nach Kingdon*“ *), welche teilweise in dieser Figur schematisch dargestellt ist, bildet einen gewissen Gegensatz zu den vorher beschriebenen Wechselstrommaschinen. Während bei den letzteren stets eine der Wicklungen — neuerdings gewöhnlich die Erregerwicklung — rotierte, sind bei der Induktormaschine beide Wicklungen abwechselnd nebeneinander feststehend angeordnet. Die Induktormaschine erzeugt daher ihren Wechselstrom dadurch, daß aus der mechanischen Arbeit durch Änderung des Kraftlinienweges Änderungen der Anzahl der Kraftlinien, die die Ankerspulen durchfließen, bewirkt werden.

In der Zeichnung sind die mit A bezeichneten Pole die Ankerkerne, welche die Ankerspulen tragen; diese bilden eine ungerade Zahl. Die Pole F in gerader Zahl stellen die Feldmagnete, die abwechselnd Nord- und Südpole bilden, dar. Innerhalb des Induktorringes rotiert ein Ring aus nichtmagnetischem Metall (Messing), auf welchem die eisernen Polschuhe P aufgeschraubt sind. Bei dem Vorübergehen der Pole P an den Polen N und S werden im Anker A in der Richtung abwechselnde Ströme induziert und daher einphasiger Wechselstrom erzeugt.

Figur 2. Die Anordnung einer „*Induktormaschine der A. E.-G.*“ ist von der vorstehenden Anordnung etwas abweichend, jedoch natürlich auf demselben Prinzip beruhend.

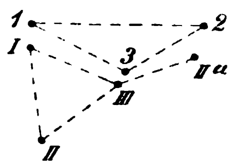
*) Näheres siehe Rühlmann, „Grundzüge der Wechselstromtechnik“ 1897.

Hier ist *S* die Erregerwicklung, *M* der gemeinsame, die Ankerpole *A* und die Erregerwicklung *S* tragende Stahlkörper, während *P* die rotierenden Polhörner sind. Die Ankerkörper *A*, sowie die Pole *P* bestehen aus lamelliertem Eisenblech, das voneinander isoliert ist, um die sonst auftretenden Wirbelstromverluste zu vermeiden.

Je nach der Anordnung der Wicklung kann man mit diesen Maschinen beliebig ein-, zwei- oder dreiphasige Wechselströme erzeugen.

Figur 3. Es sollen in nachstehenden Tafeln noch einige Spezialkonstruktionen bezw. -Wicklungen von Maschinen beschrieben werden und zwar zunächst die *„monocyklische Induktormaschine*) von Steinmetz“*. Dieselbe bildet ein Zwischenglied zwischen einer einfachen Einphasen- und einer Dreiphasen- oder Drehstrommaschine, weil von derselben Maschine Mehrphasenstrom für Motorenbetrieb und Einphasenstrom für Beleuchtungszwecke entnommen wird. Steinmetz baut daher seine Wechselstrommaschine mit einer Hilfswicklung, die einen in der Phase verschobenen Strom für den Motorenbetrieb liefert. Auf dem Anker einer Wechselstrommaschine, der von dem durch Gleichstrom erregten Magneten *NS* eingeschlossen ist, ist eine gegen die Hauptwicklung versetzte Hilfswicklung angeordnet. Das eine Ende dieser Hilfswicklung ist an die Mitte der Hauptwicklung angeschlossen, das andere Ende führt zu dem Schleifring S_1. Diese Hilfswicklung ist ferner in flachere Ankernuten eingelegt als die Hauptwicklung, welche in die Schleifringe S_2 S_3 endet. Der Strom, der in der Hilfswicklung erzeugt wird, geht daher über die beiden Hälften der Hauptwicklung zurück und muß daher außer der eigenen auch die Selbstinduktion der Hauptspulen überwinden.

Figur 4 zeigt uns nun eine *„monocyklische Induktormaschine“ in Verbindung mit 2 Transformatoren für Motorbetrieb.* Da hierbei die Sekundärspule des zweiten Transformators entgegengesetzt geschaltet wird wie die sekundären Spannungen II, III statt IIa, IIIa, wird aus dem primären Spannungsdreieck 1, 2, 3 das sekundäre I, II, III. In I, II tritt daher eine Spannung auf, welche gleich der doppelten Hilfsspannung mal dem Übersetzungsverhältnis der Transformatoren ist. Als Motoren können dann normale Drehstrommotoren verwendet werden.



Figur 5. Abweichend von der vorigen Anordnung können auch für das *monocyklische System zwei ungleich große Transformatoren* verwendet werden. Hierbei wird die von der Hilfswicklung *cb* erzeugte Spannung in größerem Übersetzungsverhältnis transformiert, sodaß die sekundären Spannungen I, II, III nahezu gleich werden, was für die Motoren besonders günstig ist.

Die erste größere und jedenfalls auch größte bisher gebaute derartige

*) Näheres siehe Rühlmann „Grundzüge der Wechselstromtechnik“ 1897.

Maschine war die *monocyklische Dynamo der Helios E. A.-G.* auf der Pariser Weltausstellung 1900. Diese Maschine leistete bei 71,5 Upm. 3000 Kilovoltampère Dreiphasen- oder 2000 Kilovoltampère Einphasenstrom, wenn eine der beiden Wicklungen stromlos ist*).

Tafel 6.

Figur 1. *Schalttafel*schema für eine *Gleichstrom (Nebenschluß)-Dynamomaschine.* Die Dynamomaschine *D* wird mit den Polen + und — mit den Schienen der Tafel leitend verbunden. Die Maschine wird durch die beiden Sicherungen *S* vor Kurzschluß geschützt. Ein Ampèremeter *A* zeigt die Stromstärke, ein Voltmeter *V* die Spannung an. Die Abzweige ins Netz *Nz* werden ebenfalls gesichert. Der Nebenschlußregulator *NR* wird so mit der Maschine verbunden, daß das freie Ende der Nebenschlußwicklung an den Hebelkontakt, der letzte Kontakt des Regulators an den zugehörigen Pol der Maschine läuft; der Ausschaltekontakt (Kurzschlußkontakt) führt an den entgegengesetzten Pol. Wird jetzt der Regulator ausgeschaltet, so kann der bei Unterbrechung des Nebenschlusses auftretende *Extrastrom* in sich verlaufen, da die Schenkelwicklung in sich kurzgeschlossen wird. Andernfalls würde dieser Extrastrom bedeutend höherer Spannung die Isolierung der Magnete durchschlagen können. Werden die Drähte falsch mit dem Nebenschlußregulator verbunden, so kann bei Ausschalten der Erregung Kurzschluß des Ankerstromes entstehen. Erregt wird die Maschine bei geöffnetem Hebelschalter *H* und dann bei normaler Spannung auf das Netz geschaltet. Bliebe der Hebelschalter geschlossen, so würde sich die Maschine, wenn eine größere Anzahl Glühlampen im Netz eingeschaltet wäre, sehr schwer erregen (s. Tafel 1, Figur 2). Beim Ausschalten geht man mit der Spannung, d. h. mit dem Regulator soweit herunter, bis die Maschine nur eine geringe Stromstärke gibt und nimmt dann erst den Hebel *H* heraus, um ein Umpolen der Magnete zu vermeiden, was auch eintreten kann, wenn die Antriebsmaschine bei eingeschalteter Dynamo stillgesetzt wird und die Spannung und Stromstärke dann allmählich auch sinkt, ein Vorgehen, was manche Maschinisten der Bequemlichkeit halber lieben, das aber zu vielen Störungen Anlaß geben kann.

Figur 2. *Parallelschaltung zweier Hauptstrommaschinen.* Will man die beiden Dynamomaschinen D_1 und D_2 parallel auf ein Netz arbeiten lassen, so legt man zunächst die gleichnamigen Pole an die gleichnamigen Schienen unter Zwischenschaltung der Sicherungen S_1 und S_2, der Ampèremeter A_1 und A_2, der Hebelschalter H_1 und H_2. Die +-Leitungen erhalten ferner automatische Schwachstromausschalter SA_1 und SA_2 zur Verhinderung von Rück-

*) Nähere Daten über diese Maschine siehe: Berichte der Weltausstellung in Paris 1900. Herausgegeben vom K. K. Österreichischen General-Kommissariat. Bd. VII. Wien 1901.

strom. Die Regulierung der Maschinen geschieht mit Hilfe von Widerstandsregulatoren *W*, die parallel zur Schenkelwicklung angeordnet sind; im äußeren Stromkreis wird noch ein Hauptstromregulator *HR* eingeschaltet. Zur eigentlichen Parallelschaltung ist jedoch eine Ausgleichsleitung *L* erforderlich, die die beiden gleichnamigen, an der Magnetwicklung liegenden Ankerpole verbindet und mit einem Hebelschalter einschaltbar ist. Beim Zuschalten der Maschine D_2 zur Maschine D_1 wird nach Erreichung der normalen Tourenzahl der Hebel H_2 geschlossen und der ganze Widerstand *W* vorgeschaltet; jetzt schließt man die Ausgleichsleitung, wodurch die Spannung der Maschine D_1 fallen wird, da dieselbe die Maschine D_2 mit erregen muß. Mit Hilfe der Widerstände *W* bringt man darauf beide Maschinen unter Benutzung des Voltmeterumschalters *Vu* auf eine fast gleichmäßige normale Spannung, Maschine D_2 jedoch etwas niedriger, legt dann den Automaten SA_2 ein und reguliert beide Maschinen auf die gewünschte Leistung. Der Grund für die niedrigere Spannung der Dynamo D_2 ist folgender: Beim Zuschalten von D_2 übernimmt die Maschine sofort einen Teil der Stromlieferung, infolgedessen hat D_1 weniger zu leisten, die Erregung wird schwächer, und die Spannung fällt. Würde die noch leer laufende aber erregte D_2 gleiche oder höhere Spannung haben, so könnte D_1 unter Umständen stromlos werden und ev. Rückstrom bekommen; hiervor sichert jedoch der automatische Ausschalter SA_1. Das Abschalten geschieht in der umgekehrten Reihenfolge.

Tafel 7.

Figur 1. *Parallelschaltung von zwei Nebenschlußmaschinen.* Die Anordnung der Maschinen und Apparate ergibt sich nach der Zeichnung aus dem vorher Gesagten. Das Parallelschalten geht hier viel einfacher vor sich. Soll D_2 zu D_1 geschaltet werden, so bringt man D_2 auf die Spannung von D_1, legt den Hebel H_2 ein und schließt den Automaten St_2. Nun schaltet man soviel Widerstand des Nebenschlußregulators NR_2 von D_2 aus, bei D_1 zu, daß beide Maschinen entsprechend ihrer Größe an der Stromlieferung teilnehmen.

Figur 2. *Dreileiteranlage mit zwei Nebenschlußmaschinen.* Die Maschinen D_1 und D_2 werden unter Zwischenschaltung der in der Zeichnung angegebenen Apparate so mit den drei Schienen + *0* — verbunden, daß ein +-Pol der einen und ein —-Pol der anderen an die Außenleiter + und — gelegt werden. Die beiden anderen + und —-Pole der Dynamos sind mit der *0*-Schiene verbunden. Das Einschalten der Maschinen geschieht in der Weise, daß dieselben, nachdem sie auf gleiche Spannung reguliert sind, mit den Hebeln H_1 und H_2 auf das Netz geschaltet werden. Die Spannung zwischen den Außenleitern + und — ist jetzt gleich der Summe der Spannungen von

D_1 und D_2 (zB. 110 + 110 = 220 Volt). Die eigentlichen stromführenden Schienen sind die Außenleiter + und —, da sich die an Null liegenden Pole ausgleichen. Bei verschiedener Belastung der beiden Netzhälften — was tunlichst zu vermeiden ist — führt jedoch der *0*-Leiter einen Strom in Höhe der Differenz der Belastung der beiden Netzhälften und muß diesen höheren Strom die an der entsprechenden Hälfte liegende Maschine erzeugen. Die Maschinen D_1 und D_2 sind von gleicher Größe und Leistung und gleicher Charakteristik d. h. gleichen magnetischen und elektrischen Eigenschaften.

Tafel 8.

Figur 1. *Hintereinanderschaltung von zwei Nebenschlußmaschinen* in Zweileiteranlagen. Soll aus irgend einem Grunde zB. in einer bestehenden Zweileiteranlage die Netzspannung erhöht werden, so kann man dieses durch Hintereinanderschaltung einer zweiten Dynamo von derjenigen Spannung, um die D_1 erhöht werden soll, tun. Man verbindet hierzu zwei ungleichnamige Pole + und — der zwei Maschinen und legt die freien Pole an die Schienen, wie Zeichnung zeigt. Zu bemerken ist, daß D_1 und D_2 für dieselben Stromstärken gebaut sein müssen. Nachdem beide Maschinen auf die gewünschte Gesamtspannung gebracht sind, werden dieselben wie eine Maschine weiter behandelt.

Figur 2. *Anordnung einer Fünfleiteranlage.* Die Hauptmaschine D arbeitet mit der Spannung der Außenleiter (zB. 440 Volt) auf diese. Zwischen diesen Außenleitern sind die vier gleich großen Ausgleich-Dynamos D_1, D_2, D_3, D_4, von denen jede die zwischen zwei Leitern herrschende Spannung (110 Volt) hat, angeordnet. Die Erregung dieser Maschinen geschieht von den Außenleitern der Hauptdynamo. Die drei Verbindungsleitungen der ungleichnamigen Pole der Ausgleichsmaschinen sind an die drei mittleren Netzleitungen gelegt. Bei Belastungsänderungen in den Netzvierteln übernehmen die Ausgleichsmaschinen die Mehrlieferung des Stromes. Die Schalthebel und Ampèremeter für diese sind in der Zeichnung der Übersichtlichkeit halber fortgelassen. Wegen der Kompliziertheit der Anordnung in den Kabelkästen und der vielen Leitungen hat sich diese Schaltung nicht bewährt und ist nach Wissen des Verfassers überhaupt nur zweimal bei Zentralanlagen durchgeführt worden.

Neuerdings werden jedoch Fünfleiteranlagen bei kleineren Anlagen da verwendet, wo eine hohe Regulierfähigkeit von Motoren verlangt wird. Ein 500 Voltmotor wird zB. stufenweise von 110—220—500 Volt gespeist und in den Zwischenstufen mit Regulieranlasser reguliert. Wenn die geforderte Kraftabgabe bei jeder Tourenzahl die gleiche ist, muß derselbe daher sehr groß gewählt werden, um bei 110 Volt dieselbe Kraft wie bei 500 Volt abgeben zu können.

Tafel 9.

Figur 1. *Parallelschaltung zweier Kompoundmaschinen.* Die Anordnung der Meß-Schalt- und Sicherheitsapparate geht aus der Zeichnung hervor. Die Parallelschaltung von zB. D_2 zu D_1 geschieht wie bei zwei Hauptstrommaschinen mit Hilfe einer Ausgleichsleitung. Nach Erreichung der normalen Tourenzahl wird D_2 mit Hilfe des Nebenschlußregulators auf fast gleiche Spannung wie D_1 gebracht, H_2 und H_3 der Ausgleichsleitung geschlossen. D_1, deren Spannung hierauf etwas gefallen, wird jetzt nachreguliert, D_2 wieder auf etwas geringere Spannung wie D_1 erregt (s. Hauptstrommaschinen-Parallelschaltung Tafel 6 Fig. 2), dann der Automat SA_2 eingelegt und D_1 und D_2 mit Hilfe von NR_1 und NR_2 auf gleiche Belastung einreguliert.

Das Abschalten der Maschine geschieht durch Herunterregulieren der Spannung; der Automat fällt heraus und die Hebel H_2 und H_3 werden geöffnet.

Figur 2. Die auf der linken Seite der Figur liegende Anordnung zeigt uns die Schaltung einer *Station mit einer Wechselstrommaschine.* Die Wechselstrommaschine mit rotierendem Magnetfeld ist mit ihren Klemmen der ruhenden Statorwicklung mit den Schienen der Schalttafel verbunden. Zwei Sicherungen *S* schützen bei Kurzschluß die Maschine, Hebelausschalter *H* und Ampèremeter *WA* dienen als Betriebsapparate. Voltmeter V_1 mißt die Netzspannung. Den Erregerstrom liefert eine mit *S, S* gesicherte Gleichstrom-Nebenschlußmaschine *E*. Die Spannung derselben zeigt das Voltmeter *V*, die Erregerstromstärke das Ampèremeter *A* an. Letztere wird entweder durch den Magnetregulator *MR* direkt oder mit Hilfe des Nebenschlußregulators *NR* an der Erregermaschine reguliert. Die rechts im Bilde befindlichen Apparate geben eine von der Firma Helios-Köln angewendete Schaltung.

Der unter Zwischenschaltung von zwei Sicherungen *S* mit seiner Primärwicklung an das Netz angeschlossene Transformator *T* wirkt mit seiner Sekundärwicklung, an die noch ein Voltmeter V_2 angelegt ist, nach Passieren einer Drosselspule *DS* und eines Handregulators *R* auf das Solenoid eines automatischen Regulators *AR*. Die Wirkung des letzteren ist derart, daß bei Stromlosigkeit des erwähnten Solenoids die ungleich langen Ausläufer der Widerstandswindungen von *AR* in einen durch das Gewicht *G* hochgehobenen mit Quecksilber gefüllten Napf *Q* tauchen. Die Widerstandswindungen sind daher in diesem Falle kurzgeschlossen. Die Endpunkte dieser Windungen liegen zwischen der Magnetwicklung der Erregermaschine und dem Hebelkontakt von *NR*. Bei Inbetriebsetzung der Station steht der Hebel von *R* auf dem toten Kontakt. Nachdem die Spannung der Wechselstrommaschine durch Regulieren von *NR* und *MR* erreicht ist, wird der Regulator *R* eingeschaltet und zwar soweit, bis der Regulator *AR* durch

Anziehen des Kernes in das Solenoid zu wirken beginnt. Hierauf wird bei *NR* Widerstand ausgeschaltet, die Spannung von *E*, infolgedessen auch die der Wechselstrommaschine, erhöht sich auf die Primär- und Sekundärwicklung von *T* weiterwirkend; dadurch steigt die Spannung im Solenoid, zieht *Q* herunter und schaltet Widerstand in den Erregerkreis von *E*. Jetzt wird durch Regulieren von *R* und *NR* der Widerstand von *AR* so eingestellt, daß bei der normalen Betriebsspannung ca. die Hälfte des Widerstands von *AR* kurz geschlossen ist; den weiteren Ausgleich von Belastungsschwankungen bewirkt dann der automatische Regulator. Damit bei plötzlichen Stromstößen die Wirkung des Regulators nicht zu intensiv ist, führt das Ende des Solenoidkernes als Stempel in eine Luftpumpe *P*, die als Dämpfung benutzt wird.

Tafel 10.

Figur 1. *Parallelschaltung zweier Wechselstrommaschinen.* Zur Magneterregung von W_1 und W_2 dienen zwei Gleichstromdynamos D_1 und D_2, die entweder einzeln oder parallel durch Schließen des zweipoligen Hebelschalters arbeiten. GA_1 und GA_2 sind Gleichstrom-Ampèremeter für den Erregerstrom, *MR*-Magnetregulatoren. Die Anordnung der übrigen Apparate geht aus der Zeichnung klar hervor. Soll nun W_2 parallel zu der *gleich großen* W_2 geschaltet werden, so wird W_2 zunächst auf gleiche (genau!) Tourenzahl und gleiche Spannung gebracht. Der Dampfmaschine wird hierbei nur soviel Dampf zugeführt, als dieselbe für den Leerlauf der erregten Dynamomaschine gebraucht. Dann wird W_2 parallel geschaltet, die Dampfzufuhr langsam gesteigert und allmählich unter ev. Zuhilfenahme der Erregerstromerhöhung W_2 auf gleiche Leistung wie W_1 gebracht, wobei man mit dem *Phasenanzeiger P* die Phasengleichheit beobachtet. Der Phasenanzeiger, auch Phasenindikator genannt, besteht gewöhnlich aus zwei auf einem Kerne angeordneten Transformatoren, deren Primärspulen an je eine Maschine angeschlossen sind. Die Sekundärwindungen sind miteinander verbunden und durch Zwischenschaltung von zwei Glühlampen geschlossen. Bei Phasenverschiedenheit herrschen Lichtschwankungen in diesen Lampen, bei Phasengleichheit erlöschen dieselben, wobei vorausgesetzt ist, daß die beiden sekundären Wicklungen gegeneinander geschaltet sind. Sind dieselben hintereinander angeordnet, so addieren sich die Spannungen und die Lampen brennen bei Phasengleichheit mit der normalen Spannung.

Eine einfachere Anordnung zeigt uns die Zeichnung. Zwei hintereinander angeordnete Glühlampen *Gl*, von denen jede für die Betriebsspannung ausreicht, sind so mit einem Umschalter *PU* verbunden, daß sie auf W_1, W_2 oder auf das Netz und damit auf die im Betriebe befindliche Maschine geschaltet werden können. Sobald beide Maschinen nach Einschaltung von

PU Phasengleichheit und gleiche Stromrichtung haben, erlöschen die Lampen bezw. brennen mit halber Spannung gleich dunkel; haben sie Phasengleichheit und entgegengesetzte Stromrichtung, brennen die Lampen hell. Bei Verschiedenheit der Phasen tritt ein Aufleuchten und Dunkelwerden ein.

Nachdem wie oben gesagt bei Phasengleichheit W_1 und W_2 parallelgeschaltet sind, halten sie sich durch die gegenseitige Einwirkung aufeinander in gleicher Phase und die Belastung wird, wie schon geschildert, geregelt. Eventuelle später auftretende Phasenverschiedenheit regelt man neuerdings nur noch durch Tourenveränderung unter Benutzung des Bd II Abschnitt 6 beschriebenen Phasenmeters, welches erkennen läßt, welche Maschine voreilt oder zurückbleibt. In der Zeichnung sind WA_1 und WA_2 Wechselstromampèremeter, *WV* Voltmeter; bei *Wa* können noch Wattmeter in die Leitungen geschaltet werden. *P* ist ein Voltmeter, das parallel zu den Glühlampen liegt und bei Phasengleichheit auf Null steht.

Figur 2. Die *Schaltung einer Drehstromprimärstation* geschieht auf folgende Weise. Die Erregerleitung für die Maschine *DM* wird an den Erregerklemmen *E* angeschlossen; den Strom, der den Magnetregulator *MR* und das Gleichstrom-Ampèremeter *GA* passiert, liefert die Nebenschlußmaschine *D*. Diese wird entweder gesondert angetrieben oder meistens mit *DM* direkt gekuppelt (Figur 2a). — Die drei gesicherten Leitungen von *DM* sind durch einen dreipoligen Schalthebel ausschaltbar. Zur Regulierung des Betriebes dienen ein Wechselstrom-Ampèremeter *WA*, ein Wattmeter *Wa*, ein Wechselstrom-Voltmeter *WV* mit Umschaltvorrichtung auf Netz und Dynamo, wie Figur zeigt. Der Erregerstrom kann natürlich auch von einer Batterie oder sonstigen Gleichstromquelle entnommen werden.

Tafel 11.

Figur 1. Bei der *Parallelschaltung zweier Drehstromgeneratoren* verfährt man analog der Schaltung von zwei Wechselstrommaschinen (Tafel 10, Figur 1). Die Anordnung der Erregerstation für DM_1 und DM_2 geht aus der Zeichnung hervor. Die Maschinen DM_1 und DM_2 sind so mit den Schienen verbunden, als wenn jede einzeln auf ein besonderes Netz arbeiten würde. Befindet sich nun eine Maschine DM_1 im Betriebe und soll DM_2 zugeschaltet werden, so beobachtet man dieselben Vorschriften wie bei Tafel 10, Figur 1. DM_2 wird auf gleiche Tourenzahl und Spannung mit DM_1 gebracht und nur wenig Dampf der Dampfmaschine zugeführt. Am Phasenindikator beobachtet man dann so lange, bis durch Änderung der Dampfzufuhr Phasengleichheit erreicht ist, und schaltet DM_2 auf das Netz. Durch Öffnen des Dampfventils und Verstärken der Erregung wird DM_1 dann belastet. Außer dem Span-

nungsmesser WV_1 mit Umschalter VU auf die eine Phase jeder Maschine ist noch ein zweites Voltmeter WV_2 vorhanden, um die Spannungen der Phasen unter einander zu vergleichen.

Figur 2. Um ein „*Außertrittfallen*" oder asynchrones Laufen *zweier Wechsel- oder Drehstrommaschinen* zu verhüten, bedient man sich des schon Tafel 10, Figur 1 erwähnten Phasenmeters. Es kann immerhin vorkommen, daß die synchronisierende Kraft der parallel geschalteten Generatoren bei unregelmäßiger Dampfzufuhr nicht ausreicht, diese in gleicher Phase, „im Tritt", zu erhalten. Zu dem Zwecke schaltet man, wie Skizze zeigt, in je eine Leitung die Phasenmeter Ph_1 und Ph_2. Genaue Beschreibung und Anschluß derselben siehe in Bd. II Abschnitt 6.

Die Zahl der Zellen der Batterie wird durch die festgesetzte Endspannung von 1,83 Volt p. Element bestimmt. Haben wir zB. eine Netzspannung von 220 Volt, so brauchen wir $\frac{220}{1,83} = 120$ Zellen. Die Spannung der Maschine muß sich für die Ladung daher auf $120 \times 2,75 = 330$ Volt erhöhen lassen. Dies wird erreicht durch Erhöhung der Tourenzahl der Antriebsmaschine um ca. 12 %; wenn dieses nicht möglich ist, so muß die Dynamo stets mit der zur Ladung der Batterie benötigten hohen Tourenzahl laufen, während ihre Spannung dann beim Arbeiten auf das Netz von 220 Volt durch Schwächung des Magnetfeldes mit Hilfe von Widerstandsvorschaltung durch *NR* herunterreguliert wird. Die Zahl der für vorliegenden Fall nötigen Abschaltzellen erhalten wir wie folgt. Da bei der Ladung der Batterie Strom ins Netz nicht abgegeben werden kann (*H* offen), weil in letzteres die erhöhte Ladespannung übergehen würde, brauchen wir bei einem Einfachzellenschalter nur die Entladespannung berücksichtigen. Diese beträgt aber bei Beginn der Entladung nach der früheren Ausführung (Figur 3) pro Zelle 2,13 Volt; demnach nehmen an der Entladung zunächst nur $\frac{220}{2,13} = 103$ Zellen teil, während 17 Zellen abgeschaltet werden müssen. Der Zellenschalter hat demnach 18 Kontakte (der Minuspoldraht der Batterie geht an Kontakt *1*, an Kontakt *2* der Abschaltdraht der ersten Zelle usw.). Damit nun beim Ab- und Zuschalten von Zellen der Strom nicht unterbrochen und anderseits die zwischen den Kontakten liegende Zelle nicht kurzgeschlossen wird, ist der Hebel *Z* (Figur 4a) so eingerichtet, daß der eigentliche Schleifkontakt zu derselben Zeit nur einen Zellenschalterkontakt berührt. Neben diesen Schleifkontakt ist isoliert durch *I* ein zweiter Schleifkontakt angeordnet, der über den Widerstand *W* mit dem ersten verbunden ist. Dreht man jetzt den Hebel *Z* von einem Kontakt zum andern, so verhindert der Nebenarm eine Stromunterbrechung, und es wird auch die zwischen den Kontakten liegende Zelle infolge des zwischengeschalteten Widerstands nicht kurzgeschlossen werden, was eintreten würde, wenn der Schleifkontakt in der doppelten Zellenschalterkontaktbreite ausgeführt wäre. Es ist jedoch darauf zu achten, daß im Betrieb der Nebenarm frei zwischen den Kontakten liegt, da sonst die betreffende Zelle sich auf den Widerstand *W* langsam entladet.

Der Schwachstromautomat *SA* dient zum Schutze der Dynamo gegen Rückstrom und wird verwendet, sobald die Batterie inbezug auf normale Stromstärke gleich oder größer als $\frac{1}{3}$ der Maschinenleistung ist, weil bei eventl. Rückentladung auf die Maschine diese bei der erwähnten Größe der Batterie Schaden nehmen könnte. Ist die Batterie jedoch kleiner, so fällt *SA* fort und es tritt an dessen Stelle ein bei maximalem Strom ausschaltender Automat, der jedoch zwischen +-Pol der Batterie und +-Schiene einge-

schaltet wird und den Zweck hat, die Batterie vor zu starkem Lade- oder Entladestrom zu schützen.

Will man die Batterie nun laden, so mißt man zunächst die Gesamtspannung derselben mit Hilfe von *V* und *VU*, bringt dann *D* auf die gleiche Spannung + etwa 5—10 Volt (je nach der Zellenzahl, resp. Stationsspannung von 65, 110 und 220 Volt), schaltet *HU* nach unten und legt *SA* ein. Die Ladestromstärke reguliert man jetzt mit *NR*. Bei fortschreitender Ladung muß zur Konstanterhaltung der Stromstärke die Spannung, wie bereits erwähnt, durch Erhöhung der Tourenzahl der Dynamo, und Ausschalten von Widerstand an *NR* erhöht werden.

Da die ersten Zellen an der Entladung nur wenig teilnehmen, werden dieselben auch zuerst geladen sein und abgeschaltet werden können. Dementsprechend wird die Endspannung bei vollendeter Ladung bei zB. 120 Zellen auch nicht auf 330 Volt (s. o.), sondern nur auf ca. 296 Volt steigen und die angegebene Spannung von 330 Volt nur bei der ersten Ladung, wo alle Zellen gleich stehen, oder beim späteren „Durchladen“ auftreten.

Bei Parallelbetrieb werden Batterie und Maschine bei gleicher Spannung auf das Netz geschaltet (*HU* nach oben). Die Stromstärke der Dynamo wird hierbei so reguliert, daß die Batterie immer etwas entladen wird (Stromrichtungszeiger!), da in anderem Falle die Stammzellen eventl. überladen werden und die im Zellenschalter liegenden Zellen zurückbleiben und ein alleiniges Nachladen dieser sehr umständlich ist und den Betrieb stört. Diese Einstellung geschieht mit Hilfe von *EZ* und *NR*. Bei Entladung ist *H* geschlossen.

Arbeitet die Maschine allein auf das Netz, ist *HU* nach oben eingelegt, *H* offen.

Tafel 13.

Figur 1. Sollen bei einer Station Anlagekosten gespart werden, so kann man nachfolgende *Anordnung des Zellenschalters mit Gegenzellen* anwenden. Die Zahl der Schaltzellen wird dadurch um die Hälfte verringert. Vorausgesetzt ist jedoch auch, daß keine Lampen während der Ladung brennen. In der Figur sind S_1, S_2, *h*, *g* Schleifringe, 4—0—4 Schleifkontakte, *H* Hebelausschalter, *KH* der im Mittelstück isolierte Schleifhebel, der oberhalb wie ein Zellenschalterhebel geteilt und mit Widerstandspule versehen ist. Die Verbindungen ergibt die Zeichnung. Steht *KH* in der angedeuteten Stellung, so addiert sich die Spannung der Zelle *1* zu der der Stammbatterie. Bei Beginn der Ladung ist *H* offen und *KH* steht auf Kontakt *4* rechts; dann rückt *KH* entsprechend dem Vorschreiten der Ladung bis auf *1* rechts, wo der Hebel stehen bleibt, bis die Ladung beendet ist. Die Zellen sind hierbei hintereinandergeschaltet. Bei Beginn der Entladung steht der Hebel auf *4* links und sind dann die Zellen 4—1 der Stammbatterie gegengeschaltet,

werden dann auf *3, 2, 1* reduziert und bei weiterer Entladung auf *1, 2, 3, 4* rechts der Batterie hinzugeschaltet. Auf *0* sind die Schaltzellen ausgeschaltet, während der untere Hebelarm von *KH* Schleifring *g* und S_2 verbindet; der —-Pol des Netzes ist dann über H, S, S_2, g, die Zellenleitung nach *0* über S_1 mit dem —-Pol der Stammbatterie verbunden.

Figur 2. Ist eine Nebenschlußmaschine nicht zur Erhöhung der Spannung für die *Ladung der Batterie* eingerichtet, so muß diese *in zwei parallel geschalteten Teilen* mit der normalen Spannung unter Vorschaltung eines Widerstandes geladen werden. Hierbei ist folgendes zu berücksichtigen. Der bei der Ladung durchflossene Ladewiderstand *LW* nebst Zuleitung muß für doppelte als normale Batterie-Stromstärke konstruiert sein. Die Teilung der Batterie wird so bewirkt, daß die *Stammzellen*zahl halbiert wird. Zum Ausgleich des durch die Schaltzellen bei der einen Hälfte hinzutretenden Widerstandes wird vor die andere Hälfte ein Ausgleichswiderstand *AW* eingeschaltet, der bei Abschalten von Schaltzellen ebenfalls vermindert wird, sodaß beide Batteriehälften gleichen Widerstand haben, was aus gleichem Ausschlag der Ampèremeter *A, A* der Batterie zu ersehen ist; die Summe des Ausschlages dieser Strommesser ist gleich dem Ausschlag des Maschinenstrommessers *A*. Bei Ladung der Batterie steht der Reihenschalter *R* auf beiden Kontakten, *HU* auf *L, H* ist offen, *EZ* und *AW* stehen auf dem ersten Kontakt. Bei Entladung steht *R* ganz rechts hinüber, *AW* ist kurzgeschlossen, *HU* ist in *E* verbunden. Die Widerstände *LW* und *AW* werden folgendermaßen berechnet.

Nehmen wir als Netzspannung 110 Volt an, so haben wir $110 : 1{,}83 = 60$ Zellen. Im Einfach-Zellenschalter liegen $60 - \frac{110 \text{ Volt}}{2{,}13 \text{ Volt}} = 8$ Zellen. *AW* hat daher auch 8 Widerstände und 9 Kontakte; ist die Ladestromstärke 40 Ampère, so beträgt der Gesamtwiderstand von *AW* bei Beginn der Ladung $\frac{8 \times 2{,}00 \text{ Volt}}{40 \text{ Amp.}} = 0{,}4$ Ohm, der auf 8 Spiralen verteilt ist. Halbieren wir jetzt die Stammbatterie von $60 - 8 = 52$ Zellen, so erhalten wir zur parallelen Ladung einmal $26 + 8$ Zellen, das andere Mal 26 Zellen + *AW*; da der Widerstand von *AW* aber gleich dem der 8 Zellen ist, haben beide Hälften auch gleichen Widerstand. Der Unterschied zwischen Netzspannung und Batteriehälfte ist nun bei Beginn der Ladung $[110 - (26 + 8)] \times 2{,}00$ Volt $=$ 42 Volt bei Beendigung der Ladung $[110 - (26 + 8)] \times 2{,}75 = 17$ Volt. Der Widerstand *LW* muß daher insgesamt $\frac{42 \text{ Volt}}{40 \text{ Amp.}} = 1{,}05$ Ohm betragen, von denen $\frac{17}{40} = 0{,}425$ Ohm fest und $\frac{42-17}{40} = 0{,}625$ (zus. 1,05) Ohm in 8 Stufen (von 3 zu 3 Volt) regulierbar sind; bei weniger Stufen sind bei

Abschaltung die Ladestromunterschiede zu groß. Man kann die Batterie auch in zwei Hälften unter Verwendung zweier gleich großer Widerstände laden, von denen einer an Stelle von *AW*, der andere zwischen *HU* und *Str* eingeschaltet werden, was jedoch nicht vorteilhaft ist, da die Zellen im Zellenschalter eher geladen sind und dann die beiden Hälften nach Abschalten der Schaltzellen ungleiche Stromstärke haben.

Die Anordnung der übrigen Apparate geht aus der Zeichnung hervor.

Tafel 14.

Figur 1. Wenn eine *Vergrößerung einer vorhandenen Batterie* gewünscht wird, so schaltet man die neue Batterie nicht der alten parallel, sondern die alte Batterie wird halbiert, die Hälften untereinander parallel und hintereinander mit der neuen Hälfte, deren Zellen die doppelte Stromstärke haben, angeordnet. Die Hälften der alten Batterie erhalten je einen Strommesser und Richtungszeiger. Die Ladung ist hier in zwei Hälften angenommen, um eventuelle Ladungs- bezw. Widerstandsunterschiede zwischen der alten und neuen Hälfte ausgleichen zu können. Das Weitere ergibt sich aus dem unter Tafel 13 Figur 2 Gesagten.

Figur 2. *Schaltung einer Primärstation, deren Kompoundmaschine zum Laden der Batterie benutzt wird.* Um eine Batterie mit einer Kompoundmaschine laden zu können, muß man ebenfalls erstere in zwei Reihen schalten, da die Ladespannung der Maschine nicht erhöht werden kann. Die Batterie wird dann jedoch nicht vor die Hauptpole + und —, sondern nur vor den Anker geschaltet und die Hauptstromschenkelwirkung außer Betracht gelassen. Man erreicht hierdurch, daß die Dynamo *D* als reine Nebenschlußmaschine arbeitet. Ein Umpolarisieren derselben bei eventuellem Rückstrom kann daher nicht stattfinden. Die Anordnung der Schalter *H, R, HU,* Ampèremeter *AA,* Spannungsmeßleitungen von *VU* ergibt die Zeichnung. Bei Parallelbetrieb arbeitet die Maschine gleichzeitig auf das Netz als Kompoundmaschine, wie normal.

Tafel 15.

Figur 1. Der Vorzug einer *Primärstation mit Doppelzellenschalter DZ* ist der, daß während der Ladung der Batterie durch den Ladehebel *L* mit dem Entladehebel *E* soviel Zellen abgeschaltet werden können, als dies die Regulierung auf normale Betriebsspannung erfordert. Die Differenz der Lade- und Netzspannung wird dann durch die zwischen *L* und *E* liegenden Zellen vernichtet. *E* steht daher immer näher der Stammbatterie oder höchstens aut demselben Zellenkontakt wie *L,* nie umgekehrt. Wir nehmen zB. an, es

brennen 20 Glühlampen à 16 *NK* bei 110 Volt = 10 Ampère bei der Ladung mit. Beträgt jetzt der normale Ladestrom 50 Ampère, d. h. zeigt das Batterieampèremeter auf 50, so wird die Batterie vom + *D* über *SA, A,* + -Schiene, *S, A, H, Str,* + Pol, *L, HU,* — *D* geladen. Die Dynamo *D* muß jedoch 50 + 10 = 60 Ampère leisten, da der Lampenspeisungsstrom seinen Weg von + *D* über *SA, A,* +-Schiene durch die Glühlampen, —-Schiene, *E,* durch die zwischen *E* und *L* liegenden Zellen über *L, HU* zu — *D* nimmt. Man ersieht hieraus, daß die zwischen *E* und *L* liegenden Zellen eine soviel höhere Stromstärke erhalten, wie der Netzverbrauch ausmacht (also hier 10 Amp. mehr als die übrigen Zellen). Diese Überlastung soll jedoch $^1/_5$ der normalen Ladestromstärke nicht überschreiten, da sonst die Platten geschädigt werden. Ist ein höherer Stromverbrauch bei der Ladung im Netze als feststehend anzunehmen, so muß man die im Zellenschalter liegenden Zellen entsprechend größer als die übrigen wählen. Erwähnt sei noch, daß, wie ja ersichtlich, die Gesamtstromstärke, die das Ampèremeter *A* der Dynamo *D* anzeigt, von dieser bei der erhöhten Spannung geleistet wird, da die Überspannung, die der ins Netz fließende 10 Ampèrestrom hat, zwischen *L* und *E* vernichtet wird. Für die Gesamtwattleistung der Maschine ist dieses zu berücksichtigen. Die *Kontaktzahl des Doppelzellenschalters DZ* wird nun bestimmt, wie folgt:

Nehmen wir wie früher eine Batterie für 220 Volt $= \frac{220}{1{,}83} = 120$ Zellen an, so müssen gegen Ende der Ladung $120 - \frac{220 \text{ Volt}}{2{,}75 \text{ Volt}} = 40$ Zellen abschaltbar sein. Der Zellenschalter erhält demnach 41 Kontakte. Um jedoch an Leitungen zu sparen, schaltet man die letzteren Zellen doppelt und nur die zur eigentlichen Entladung benutzten Zellen einfach; zB. würde in vorliegendem Falle die eigentliche Entladung bei der $120. - \frac{220 \text{ Volt}}{1{,}96 \text{ Volt}} =$ neunten Zelle beginnen. Diese 9 oder besser 10 Zellen schaltet man jetzt einfach, während der Rest von 30 Zellen zu je zweien angeordnet wird. Der Zellenschalter erhält daher nur $1 + 10 + \frac{30}{2} = 26$ Kontakte.

Figur 2. Die Eigentümlichkeit dieser Schaltung, die sonst dieselbe wie Figur 1 ist, liegt in der *Anbringung einer Notleitung.* Zwischen Entladehebel *E* des Doppelzellenschalters *DZ* und —-Schiene ist ein automatischer Starkstromausschalter *MA* eingefügt, welcher bei zu hoher Entladung oder plötzlichen Stromstößen, sowie Kurzschlüssen die Batterie ausschaltet. Damit nun jedoch nicht alles Licht erlöscht, sind die zur Beleuchtung unumgänglichen Lampen an eine besondere Notleitung gelegt, die von der +-Schiene und vor *MA* von —*E* abgenommen ist.

Tafel 16.

Figur 1. Soll *eine entfernt von der Primärstation aufgestellte Batterie,* die auf ein unabhängiges Netz arbeitet, *von der Primärstation geladen* werden, oder der Betrieb in diesem Netze von der Primärdynamo in Parallele mit der Batterie geführt werden, so bedient man sich folgender Schaltung.

Die Nebenschlußdynamomaschine *D* der Primärstation arbeitet mit einer bestimmten Spannung auf das Hauptnetz. Die Spannung an den Schienen der Sekundärstation ist um soviel geringer, als der Spannungsabfall bei maximaler Belastung in der Fernleitung beträgt. Soll die Batterie geladen werden, so ist *H* geöffnet und *HU* eingeschaltet; *RW* ist kurz geschlossen. Mit Hilfe von Voltmeter *V* mißt man die Batteriespannung und bringt Dynamo *D* auf dieselbe Höhe, schaltet dann Automat *SA* ein und reguliert die Ladestromstärke mit Nebenschlußregulator *NR.* Die Dynamo braucht infolge der wie erwähnt niedrigeren Betriebsspannung der Sekundärstation, zu der sich der Spannungsverlust in der Fernleitung addiert, nur auf eine solche Lade-Endspannung gebracht werden, wie sie bei Anordnung einer Batterie in der Primärstation erforderlich wäre. Die Ladung geht dann in der früher geschilderten Weise von statten. Die Schaltung für Entladung der Batterie ist aus der Zeichnung zu entnehmen. Soll jedoch Dynamo *D* allein oder parallel mit der Batterie durch Einschalten von *HU* auf *N* arbeiten, während *D* gleichzeitig auf Netz *NZ* Strom gibt, so wird nach Spannungsvergleich der beiden Stationen die Spannung des auf das Sekundärnetz fließenden Stromes mit *RW* reguliert bezw. die Mehrspannung vernichtet. Bei maximaler Stromstärke würde jedoch aus oben schon erwähntem Grunde *RW* kurz geschlossen sein, da die Spannungsdifferenz in den beiden Stationen durch den Verlust in den Fernleitungen schon von selbst entsteht.

Wenn die *Dynamo D* nur zum *Laden einer entfernten Batterie* dienen soll, so kann man diese auch *in zwei Reihen* laden (Tafel 13, Figur 2). Der feste Widerstand des Ladewiderstandes *LW* wird dann in die Fernleitung gelegt, wodurch der Apparat *LW* sich verkleinert. Man hat dann in beiden Stationen gleiche Betriebsspannung, was zwecks Austausches von Glühlampen usw. wünschenswert ist; ferner vereinfacht sich auch der Betrieb, und ist eine Verständigung der Stationen nur zu Beginn und Schluß der Ladung erforderlich.

Figur 2. Sofern als *Antrieb der Dynamomaschine D* ein Motor dient, der nicht durch eigene Kraft sich in Bewegung setzt (Explosionsmotor), verwendet man eine Schaltung, bei der die (Nebenschluß!) Dynamo zunächst *durch Batteriestrom* getrieben als Elektromotor auf die Antriebsmaschine arbeitet. Ein Flüssigkeits- *(FA)* oder Hauptstrom-Metallanlaßwiderstand für die Spannung

und Ampèrezahl der Dynamo bemessen, wird parallel zum Automaten *SA* angeordnet. Ist derselbe *(FA)* ausgeschaltet, so arbeitet die Station genau wie Tafel 15, Figur 1.

Beim Anlassen der Maschine hat man zunächst zu berücksichtigen, daß entsprechend der Verschiebung des magnetischen Feldes bei Betrieb von Dynamo *D* als Motor die Bürsten etwas rückwärts, d. h. gegen die Drehrichtung über das neutrale Feld gestellt werden. Dann legt man *HU* in *N* oder besser, um die gesamte Batterie wirken zu lassen, in *L* ein; Hebel *H* ist natürlich eingeschaltet. Hierauf schließt man zur Erregung der Magnetpole von *D* Regulator *NR* kurz, taucht dann langsam die obere Kontaktplatte des Anlassers *Fl* in die durch Mischung von Potasche oder Soda in Wasser leitend gemachte Flüssigkeit, wodurch der Anker Strom erhält. Indem man nun langsam unter Beobachtung des Ampèremeters *A* mehr Widerstand ausschaltet, wächst die Spannung und Stromstärke im Anker und die Tourenzahl steigt. Sobald jedoch die angetriebene Maschine aus eigener Kraft zu laufen beginnt, was man daran sieht, daß das Ampèremeter auf Null zurückgeht, wird *Fl* ausgeschaltet, ebenso *NR* und zuletzt *HU;* die Bürsten werden wieder etwas vorwärts gestellt und die Maschine dann wie sonst nach Regulierung der Spannung auf *N* oder *L* geschaltet. Zu bemerken ist noch, daß der +-Pol des Nebenschlusses zwecks Erregung von der Batterie hinter dem Automaten *SA* ausgeschlossen ist.

Tafel 17.

Figur 1. Eine weitere *Anordnung, bei der die Nebenschlußmaschine stets als Motor anläuft,* zeigt diese Figur. Der Unterschied von der vorhergehenden besteht darin, daß Automat *SA* und Anlaßwiderstand *HRoA,* welch letzterer keinen Ausschaltkontakt besitzt, nicht parallel, sondern hintereinander geschaltet sind. Hierdurch ändern sich die Handgriffe beim Anlassen von *D* als Motor derart, daß zunächst *HU* auf *L* geschaltet und *NR* kurzgeschlossen wird; *HRoA* steht auf dem ersten Kontakt und Automat *SA* wird geschlossen. Dann wird an dem Hauptstrom-Regulator Widerstand ausgeschaltet, bis der angetriebene Motor sich selbst in Bewegung erhält, hierauf fällt die Stromstärke und der Automat schaltet die Maschine vom Netz ab. Schließlich werden alle Hebel ausgeschaltet, nur *HRoA* kurzgeschlossen, und die Maschine kann als Dynamo wie oben wieder eingeschaltet werden.

Figur 2. Will man *bei Verwendung von Einfachzellenschalter die Hauptdynamo D* während der *Ladung der Batterie zur gleichzeitigen Stromabgabe ins Netz* benutzen und die unökonomische Reihenschaltung der Batterie vermeiden, so ordnet man zur Hauptmaschine eine kleinere Nebenschluß- *die Zusatzmaschine ZD* an. Diese hat dann nur die zur Ladung der Batterie notwendige

Spannungserhöhung zu bewirken und ist für die Ladestromstärke der Batterie bemessen. Die *Erregung* dieser Dynamo *ZD* geschieht gewöhnlich vom Netz, wie Zeichnung, wobei die Maschine sich nie umpolen kann. *Selbsterregung* von *ZD wird dann angewendet, wenn die Netzspannung nicht geeignet ist, die für die Spannungserhöhung nötige Erregungsstärke zu liefern;* zB. bei Verwendung einer 65/90 Voltmaschine als *ZD* in einer 220 Volt-Anlage, da man diese Maschine ohne Spannungserhöhung im Magnetfelde nie auf ihre höchst erreichbare Spannung bringen könnte. Weiteres ergibt die Zeichnung. Beide Maschinen *D* und *ZD* werden mittels Riemen angetrieben. Um die Batterie zu laden, wird *ZD* auf eine solche Spannung gebracht, daß diese + der Spannung der Hauptmaschine *D* = *resp. etwas höher* als die Batteriespannung ist; dann wird *HU* auf *L* geschaltet und die Stromstärke an den beiden Nebenschlußregulatoren *NR* eingestellt. Aus der Anordnung geht hervor, daß durch *ZD* nur der von *D* erzeugte Ladestrom hindurchfließt und hier auf die Ladespannung gebracht wird; selbständig kann *ZD* daher nicht laden, sondern ist immer von der Stromerzeugung von *D* abhängig.

Tafel 18.

Eine besondere *Schaltanlage* bei verschiedenen entfernt gelegenen Konsumstellen mit *wechselndem Strombedarf* zeigt die Schaltung der Primärstation auf *Schloß Bückeburg.*

Die 3 Nebenschußdynamos $D_{1,2,3}$ sind in bereits früher geschilderter Weise in Parallelschaltung so angeordnet, daß dieselben gemeinsam oder getrennt oder abwechselnd auf das Netz oder die Batterie arbeiten. Die Gesamtwatterzeugung wird mit dem Elektrizitätszähler *M* gemessen. Die Akkumulatorenbatterie hat für den stationären Betrieb 60 Elemente und ist mit Doppelzellenschalter ausgerüstet. Ebenso sind alle sonst notwendigen Betriebs- und Beobachtungsapparate vorhanden.

Zu 2 entfernt gelegenen Verbrauchsstellen führen jedoch 2 Speiseleitungen mit 310 bezw. 620 Ohm Widerstand von solchem Querschnitt, daß ca. 12 Volt Verlust bei Maximalbelastung zu ersetzen sind. Dies geschieht mit Hilfe von je einer Zusatzbatterie von 6 Zellen bezw. 2 × 6 Zellen (in Parallelschaltung) und zwar mit Hilfe von Einfachzellenschalter *EZ*, um die Spannung regulieren zu können.

Die Ladung der Batterien erfolgt in der Weise, daß dieselben mit der Hauptbatterie hintereinander geschaltet werden, wie Reihenschalter RS_1 zeigt, die Entladung in der Weise, daß die Stammbatterie die nahe gelegenen Konsumstellen mit Strom versorgt und für die entfernteren die Spannung mit Hilfe der Zusatzzellen erhöht wird (RS_1 nach rechts, RS_2 nach links), bei

geringerem Stromverbrauch an den entfernten Konsumstellen können diese auch direkt von der Hauptbatterie gespeist werden (RS_2 nach rechts).

Tafel 19.

Figur 1. *Schaltungsschema für eine Maschinenstation mit Stationsdynamo D, Batterie, Zusatzdynamo ZD,* welche direkt gekuppelt *mit* einem *Elektromotor M* von diesem *angetrieben wird.* Der Motor wird vom Netze gespeist und mit Hebel *H* und Anlaßwiderstand *AW* eingeschaltet. *SS* sind Sicherungen. Der Betrieb gestaltet sich in derselben Weise wie bei Tafel 17 Figur 2. Die Ladung kann abweichend von dieser Anordnung jedoch nur stattfinden, sobald Maschine *D* gleichzeitig auf das Netz arbeitet. Diese Schaltung ist bedingt durch den Stromverbrauch des Motor *M* bei der Ladung. Die Voltmeterkontakte sind mit den korrespondierenden Punkten, die in der Schaltung mit gleichen Zahlen bezeichnet sind, zu verbinden. Die Schaltung wird zweckmäßig dort angewendet, wo der Antrieb der Zusatzmaschine durch Transmission Schwierigkeiten macht.

Figur 2. Will man für eine plötzliche Betriebsstörung bei der *Ladung der Batterie mit Hauptdynamo D* und *Zusatzdynamo ZD* eine Momentreserve haben, so wird die Batterie mit *Doppelzellenschalter* ausgestattet. Hierdurch wird bewirkt, daß bei Störungen an der Dynamo *D* die Batterie sofort in die Stromlieferung eingreift. Wenn wir nun die Schaltung verfolgen, so sehen wir ferner, daß die Ladung von den Batterieteilen +-Pol bis *E* und *E* bis *L* ganz getrennt vor sich gehen, indem den erstgenannten Teil Dynamo *D*, den letzteren *ZD* ladet. Ist das Spannungsverhältnis nnter den beiden Maschinen demjenigen des zu ladenden Batterieteils gleich, so laden beide Dynamos mit gleicher Stromstärke, d. h. die Batterie wird gleichmäßig geladen: soll jedoch der eine Teil der Batterie zB. + bis *E* mehr Strom erhalten, so geht man mit NR_1 zurück, d. h. schaltet hier Widerstand ein, bei *NR* jedoch aus, daraufhin erhöht sich die Netzspannung, was durch Abschalten einer Zelle bei *E* reguliert wird; hierdurch vermindert sich aber der Widerstand von *E* bis +-Pol der Batterie und die Stromstärke steigt in diesem Teile. Umgekehrt kann man in der Ladung nachgebliebene Zellen der Stammbatterie mit Zellen zwischen *E* und *L* auswechseln und hier bequem ohne Störung des anderen Betriebes nachladen.

Außer dem Voltmeter mit Umschalter befindet sich im Schema noch Spannungsmesser *V*, welcher ständig am Netz liegt. Der Isolationsprüfer *IP* zeigt den Isolationswiderstand des Netzes gegen Erde an und zwar direkt in Ohm; in der gezeichneten Stellung den des Minus-Poles.

Tafel 20.

Figur 1. Soll eine Station mit *Kompounddynamo D,* und *Batterie mit Einfachzellenschalter* von *D* geladen werden, so kann man dieses, abgesehen von der in Tafel 14 Figur 2 besprochenen Reihenschaltung bewerkstelligen, indem man die Spannung der Dynamo *D* mit Hilfe der *Zusatzmaschine ZD* erhöht. Die Zusatzmaschine wird hier ebenfalls so mit *D* verbunden, daß die Hauptstrommagnetwicklung von *D* außer Betracht gelassen und nur die Nebenschlußwicklung für die Erzeugung des Ladestromes benutzt wird. Arbeitet *D* gleichzeitig auf das Netz, was zur Verstärkung des magnetischen Feldes zu empfehlen ist, so ist die Hauptwicklung auf dieses mit eingeschaltet. Die Anordnung der Apparate und Leitungen usw. geht aus der Zeichnung hervor. Die Erregung von *ZD* geschieht direkt mit der Batterieladespannung.

Figur 2. Die *Zweileiter-Primärstation* besteht aus einer *Nebenschlußdynamo D* als Hauptmaschine, einer *Reservedynamo* D_2, die gleichzeitig als Lademaschine dient, und einer *Akkumulatorenbatterie* mit *Doppelzellenschalter DZ.* Jede Dynamo ist mit den für geregelten Betrieb nötigen Apparaten versehen. Zum Spannungsvergleich vor dem Parallelschalten der verschiedenen Maschinen zueinander, zu der Batterie oder vor Beginn der Ladung letzterer, dient das Voltmeter mit Umschalter, während ein zweites ständig die Netzspannung anzeigt. Der Betrieb erklärt sich nach dem bisher Gesagten von selbst.

Tafel 21.

Figur 1. *Zwei Nebenschlußmaschinen* D_1 und D_2 können entweder 1. parallel auf das Netz arbeiten oder 2. parallel die *Batterie mit Doppelzellenschalter* laden oder 3. einzeln beliebig wechselweise laden oder das Netz speisen. Die Handhabung des Betriebes ist einfach und übersichtlich. Zur Ladung können sowohl D_1 wie D_2, welche gegen Strom aus dem Netz, d. h. solchen von der Batterie oder der parallel arbeitenden Maschine durch Schwachstromautomaten *SA* geschützt sind, auf erhöhte Ladespannung gebracht werden. Ein Starkstromautomat *StA* verhindert das Ansteigen des Lade- oder Entladestromes der Batterie über die bestimmte Grenze.

Figur 2. *Eine Dreileiteranlage*, bei der die *Hauptdynamo D* auf die Außenleiter arbeitet, und die *Akkumulatorenbatterie als Spannungsteiler* dient, während eine *zweite Nebenschlußdynamomaschine ZD* von der halben Netzspannung *zum Laden* der einzelnen Batteriehälften oder der in der Mitte der Batterie zu beiden Seiten von Null angeordneten Schaltzellen benutzt wird, zeigt die in vorliegender Figur von den „Akkumulatoren Werken System Pollak“ angewandte Schaltung. Die Maschine *D* arbeitet stets mit Netz-

spannung auf + und —, die Lademaschine *ZD* ist direkt gekuppelt mit dem sie antreibenden Elektromotor, dessen Tourenzahl zur Erreichung der Ladespannung von *ZD* durch Schwächung des Magnetfeldes mit Hilfe von Anlasser *AW* um ca. 15% gesteigert werden kann. Die beiden Pole von *ZD* sind über Stromrichtungszeiger *Str*, Ampèremeter *A*, Hebel *H* einerseits, den Minimalausschalter *SA* anderseits mit zwei Schleifringen des Umschalters *U* verbunden; in den drei Stellungen von *U* kann nun *ZD* auf die Plus-, die Minushälfte oder die zwischen $+L$ und $-L$ liegenden Schaltzellen geschaltet werden; in letzterem Falle werden entweder nur diese geladen oder in Hintereinanderschaltung mit *D* über das Netz *HH* die ganze Batterie. Zwei Voltmeter ($V_{1,2,3}$ und $V_{a,b,c,d}$) dienen zum Vergleich der Spannung von *D*, der Batterie und des Netzes bezw. der Batteriehälften und *ZD*. Die Spannungen des Netzes werden außerdem mit zwei an den Schienen angeschlossenen besonderen Voltmetern zwischen $+0$ und -0 kontrolliert.

Tafel 22.

Zwei Nebenschlußmaschinen D_1 und D_2 arbeiten jede für sich auf *ein Kraft-* und *ein Lichtnetz.* Kraft und Lichtnetz können jedoch auch durch Hebel *H* parallel geschaltet werden, wenn zB. eine Maschine D_1 oder D_2 für den gesamten Strombedarf ausreicht. Außerdem sind D_1 und D_2 mit Hilfe von *HU* so zu schalten, daß D_1 auf Kraft *K* und D_2 auf Licht *L*, D_2 auf Kraft *K* und D_1 auf Licht *L*, schließlich beide gemeinsam auf Kraft oder Licht arbeiten können. Es ist hierdurch eine hinreichende Vielseitigkeit in der Schaltung und genügende Reserve erreicht. Die an die Schienen des Lichtnetzes angeschlossene Batterie wird mit *HU* auf Entladung oder Ladung geschaltet; letztere wird durch eine Zusatzmaschine *ZD* bewirkt, die mit dem Motor *M* direkt gekuppelt ist. Weil beim Zusammenarbeiten des Licht- und Kraftnetzes die zum Spannungsausgleich eingeschaltete Batterie eventuell zu stark beansprucht werden könnte, wird ein Starkstromautomat *StA* in den +-Pol gelegt. Das Übrige geht aus der Zeichnung hervor.

Tafel 23.

Auf ein Zweileitergleichstromnetz arbeiten die *zwei Nebenschlußmaschinen* D_1 und D_2 parallel. Zum Ausgleich von Spannungsschwankungen dient die mit *Doppelzellenschalter DZ* versehene *Batterie*, zu deren *Ladung* bezw. hierbei notwendigen Spannungserhöhung eine *Zusatzmaschine* vorgesehen ist. Durch die Ausrüstung der Batterie mit einem Doppelzellenschalter *DZ*, wie oben erwähnt, haben wir die bereits unter Tafel 19 Figur 2 beschriebenen Vorteile 1. einer Momentreserve während der Ladung, bei eventuellen Maschinen-

Defekten, und 2. einer regulierbaren Ladestromstärke zwischen +-Pol bis *E* und *E* bis *L*. Die Erregung von *ZD* geschieht vom Netz, mit der Ladespannung, der Antrieb direkt von dem auf ca. 15% über normale Tourenzahl regulierbaren Motor *M*. Voltmeter V_1 mißt die Netzspannung, V_2 die verschiedenen Maschinenspannungen, V_3 die Batteriespannungen zwischen Ladung, Entladung und Gesamtbatterie. Apparate usw. werden angeordnet wie Schema zeigt. *A*, A_1, A_2 sind Ampèremeter, *H* Hebelausschalter, *S* Sicherungen, *SA* Schwachstromautomaten, *NR* Nebenschlußregulatoren wie bisher.

Tafel 24.

Figur 1. Eine *Dreileiteranlage mit zwei hintereinander geschalteten Nebenschlußmaschinen und innen liegenden Doppelzellenschaltern* rüstet man am besten dort, wo eine sehr ungleiche Belastung der beiden Netzhälften zu erwarten steht, um diese von den Maschinen ausgleichen zu lassen und die Batterie zu schonen.

Die Dynamos D_1 und D_2 arbeiten je auf eine Netzhälfte + *O* und *O* —, wenn die Hebelumschalter $HU_{1,2}$ auf *N* stehen. Beide Maschinen laden, wenn $HU_{1,2}$ auf *L* stehen, die zugehörige Batteriehälfte mit Doppelzellenschaltern *DZ*, oder sie können einzeln laden oder das Netz speisen. Infolge des Fehlens einer Zusatzmaschine darf aber die Belastung während des Ladens nur gering sein (s. Tafel 15 Figur 1). Gegen Rückstrom sind die Maschinen durch Minimalausschalter $SA_{1,2}$ geschützt. Die Anordnung der Spannungsmesser und sonstigen Apparate ergibt die Zeichnung.

Figur 2. Eine *Dreileiteranlage mit einer Haupt- und zwei Nebenmaschinen* bietet vor der letzgenannten Schaltung den Vorteil, daß die Hauptnebenschlußdynamo D_3 auf die Außenleiter direkt arbeiten oder auch mit Hilfe des zweipoligen Hebelumschalters *HU 2p* direkt die Batterie mit erhöhter Ladespannung laden kann. Arbeitet D_3 aufs Netz, so erfolgt die Ladung von D_1 und D_2 und zwar einzeln jede Netzhälfte oder zusammen über die beiden Doppelzellenschalter *DZ*. Dasselbe kann natürlich auch geschehen, wenn D_3 außer Betrieb ist, wobei dann jedoch — wie Figur 1 — die Höhe der Stromabgabe ins Netz beschränkt ist. D_1 und D_2 können auch als Ausgleichsmaschinen arbeiten, wenn die Lade- und Entladehebel von *DZ* auf demselben Kontakt stehen. Die Anordnung der übrigen Apparate ergibt sich gemäß den bisherigen Bezeichnungen auf der Zeichnung.

Tafel 25.

Das *Schaltungsschema einer Ladeanordnung für Dreileiteranlagen,* bei der sich die *Akkumulatorenbatterie* in einer Unterstation räumlich *getrennt von* den

in *der Zentralstation* befindlichen Lade- bezw. Zusatzmaschinen befindet, zeigt Tafel 25.

Die Hauptschienen der Zentrale, auf welche die in der Station befindlichen nicht gezeichneten Stromerzeuger arbeiten, sind mit den gleichnamigen (+ *0* —) Schienen der besonderen Schalttafel für die Lademaschinen verbunden; der Nullleiter ist ohne Unterbrechung weiter geführt und wird nach Durchlaufen der Fernleitung *FL* an die entsprechende Schiene der Tafel der Unterstation angeschlossen. An die Außenleiter der Schienen der Ladestation sind zunächst über die Sicherungen *S*; die Schalthebel *H*, die zur Tourenerhöhung mit Magnetschwächung versehenen Metallanlaßwiderstände $AW_{1,\ 2,\ 3}$, die mit den Zusatzmaschinen $ZD_{1,\ 2,\ 3}$ direkt gekuppelten Motoren $M_{1,\ 2,\ 3}$ angeschlossen. Die Pole der mit Ampèremeter *A*, Schwachstromautomat *SA*, sowie Nebenschlußregulator *NR* (für Netzerregung) versehenen Zusatzmaschinen *ZD* führen zu den Mittelkontakten der zweipoligen Umschalthebel $HU_{1,\ 2,\ 3}$. Die anderen Kontakte der letzteren sind nun so mit den Sammelschienen der Ladestation wie auch den +- und —-Schienen der Ladeleitung verbunden, daß jede Zusatzdynamo sowohl auf die +- wie auf die —-Hälfte der Batterie der Unterstation arbeiten kann. Eine Fernleitung verbindet die Außenleiter der Ladeleitung mit den Hebelumschaltern *HU* in der Unterstation. Ferner ist es möglich, bei ruhendem Betrieb in der Ladestation die Außenleiter der Ladestation mit den Ladeleitungen über H_1 H_2 zu verbinden und so Strom nach der Unterstation durch die Fernleitung zu senden, welcher über *HU*, *N*, *A* zu den gleichnamigen Polen des Netzes fließt.

Die Unterstation besteht aus zwei Batterien, von denen je ein +- und —-Pol über je einen Stromrichtungszeiger *Str*, ein Ampèremeter *A* mit dem *0*-Pol der Netzschienen verbunden sind. Die von der Fernleitung gespeisten Hebelumschalter *HU* können einmal auf die Ladehebel der in den beiden anderen +- und —-Polen der Batterien angeschlossenen Doppelzellenschalter, oder aber auf *N* geschaltet werden, um, wie bereits erwähnt, direkt ins Netz Strom zu senden. Dieses kann unter Parallelbetrieb der Batterie (*H* geschlossen) oder ohne dieselbe (*H* offen) geschehen.

Fassen wir die verschiedenen Schaltungen zusammen, so erhalten wir folgende Betriebsmöglichkeiten:

1. Die Batterie wird nur geladen (Zusatzmaschinen im Betrieb, H_1 H_2 offen, *HU* auf *L*, *H* offen).
2. Batterie wird nur entladen (*HU* offen, *H* geschlossen).
3. Batterie wird geladen und gibt Strom ins Netz, wobei durch den Doppelzellenschalter Momentreserve geschaffen ist (*ZD* im Betrieb, D_1 D_2 offen, *HU* auf *L*, *H* geschlossen).

4. Netz der Unterstation wird nur von der Zentrale gespeist (*ZD* außer Betrieb, $H_1 H_2$ geschlossen, *HU* auf *N*, *H* offen).
5. Parallelbetrieb von Zentralenstrom und Batterie (wie 4, nur *H* geschlossen).

Zur Spannungskontrolle dienen in der Unterstation zwei Stationsvoltmeter *StV*, Voltmeter $V_{1,2,3}$ für +-Batterie, $V_{a,b,c}$ für die —-Batterie. Von den Netzschienen zweigen ferner die Leitungen für zwei in der Ladestation befindliche Kontrollvoltmeter ab. Die Spannungen der Zusatzmaschinen werden durch *VZD* verglichen und geregelt. Zu der Schaltung 5. muß noch erwähnt werden, daß bei merklichem Spannungsverlust in der Fernleitung derselbe dadurch ausgeglichen werden muß, daß der Strom aus der Ladestation nicht über $H_1 H_2$, sondern über ZD_1 oder $_2$ oder $_3$ geleitet wird, welche die Spannung derselben um die entstehende Differenz erhöhen. Die Skala der Voltmeter *VV* ist unter Berücksichtigung des Widerstands in der Spannungsfernleitung und des eigenen Stromverbrauches verschoben, sodaß die Voltmeter stets die Schienenspannung der Unterstation anzeigen. Das Ein- und Ausschalten zum Laden und Parallelbetrieb geht in der für Zusatzmaschinen früher beschriebenen Weise vor sich.

Tafel 26.

Figur 1. Infolge des Zugeständnisses einzelner Elektrizitätswerke am Tage zu Batterieladezwecken elektrische Energie zu Krafttarifpreisen entnehmen zu können, wenn dann während der Hauptlichtbedarfszeit abends die Speisung der Anlage von der Batterie geschieht, erfolgt die Aufstellung von *Batterien, die von einem Netz mit konstanter Spannung mit Hilfe von Zusatzmaschinen geladen* werden.

Eine derartige *Anschlußanlage* zeigt unsere Skizze und zwar *für eine Dreileiteranlage. STA* ist der Stromanschluß, *ZD* die Zusatzdynamo, *M* der mit ihr gekuppelte Antriebsmotor mit Anlasser *AW* und Nebenschlußregulator *NR*, um die Tourenzahl gegen Ende der Ladung steigern zu können. Mit dem Umschalthebel *HU2p* kann die Batterie auf Ladung *(ZD)* oder Entladung geschaltet werden, wobei der einpolige Umschalter *HU* dazu dient, die Verbindung mit dem *0*-Pol herzustellen. Durch den Umschalthebel *HU* kann außerdem die Ladung so vorgenommen werden, daß bei ausgeschaltetem Hebel die ganze Batterie und in Stellung auf entsprechenden Kontakten die zugehörigen Batteriehälften einzeln geladen werden.

Figur 2. Eine weitere Anordnung einer *Dreileiteranschlußanlage mit Batterieladung von einer durch zwei direkt gekuppelte Motoren angetriebene Zusatzmaschine* gestaltet sich wie das Schema zeigt insofern für die Anlage noch

günstiger, als die Motoren *NM* auch gleichzeitig als Ausgleichsmaschinen $AG_{1,2}$ arbeiten und hierbei mit Hilfe der Anlasser *AW* und Nebenschlußregulatoren $NR_{1,2}$ reguliert werden können. Die Zusatzmaschine arbeitet, wie in Fig. 1, auf gesamte Batterie oder jede Netzhälfte. Durch diese Anwendung ist eine sehr weitgehende Regulierfähigkeit in der Ladung der beiden Netzhälften erreicht, sodaß die Batterie leicht in Ordnung gehalten werden kann. Die Apparatenbezeichnung ist dieselbe wie in früheren Tafeln.

Tafel 27.

Für Laboratorien und sonstige Versuchszwecke gestaltet sich eine Anschlußanlage natürlich wesentlich anders. Als Beispiel soll hier die *Anschluß- und Laboratoriumsanlage des chemischen Instituts zu Poppelsdorf der Bonner-Universität* kurz skizziert werden*).

Als Betriebskraft dient ein Drehstrommotor *DM* mit Schleifringanker und Flüssigkeitsmesser *Fl.* Der Motor wird über Sicherungen *S* mit dem 3-pol-Schalter *HA3p* eingeschaltet und ist mit einer Gleichstromnebenschluß-dynamo *GD* direkt gekuppelt; diese Dynamo liefert den Strom von 110 Volt Spannung für die Versuchszwecke und kann mit Hebelumschalter *HU2p* über die Minimalautomaten SA_1 oder SA_2 auf die entsprechenden Schienen rechts oder links geschaltet werden und zwar über die Hebelumschalter $HU_{1,2}$, entweder direkt auf die Schienen für Projektionszwecke oder auf Ladung der zugehörigen Batterien. Diese Batterien sind, um die bei elektrochemischen Versuchen erforderlichen Spannungen erreichen zu können, voneinander verschieden, indem die eine aus 60 Zellen besteht und zur Versorgung des großen und kleinen Hörsaals dient, die andere von 14 Elementen für Laboratoriumszwecke dient. Der Anschluß der Batterie an die zugehörigen Schalttafeln geschieht in der gezeichneten Weise.

Beide Batterien sind ferner unterteilt, sodaß es mittels der Linienwähler *LW*, die in den Laboratorien und Hörsälen angebracht sind, möglich ist, an den Arbeitstischen 4, 8, 12, 20 Volt und mittels der dazwischen liegenden Regulierwiderstände noch weitere Abstufungen zu erzielen.

Zum Ausgleich der Verschiedenheiten bei der Ladung der Batterien ist für die kleine Batterie 2 Einfachzellenschalter *Z* für die große Batterie neben dem Doppelzellenschalter *ZZ* durch entsprechend angeordnete Schalthebel die Nachladung der einzelnen Batteriegruppen ermöglicht.

Die Regulierung der Ladespannung geschieht mit dem Nebenschluß-regulator *NR* von *GD*, doch können auch noch Ladewiderstände vor die Batterie eingeschaltet werden *AD* ist eine Anschlußdose für die zugehörige Schienenspannung, *MSp* eine solche für direkte Maschinenspannung.

*) Näheres siehe ETZ 01 Seite 955.

Tafel 28.

Diese *Dreileiteranlage* wird von einer *Hauptmaschine* D_1 mit Außenleiterspannung sowie einer *Batterie,* die *als Spannungsteiler* dient, gespeist, während die *zwei Nebendynamomaschinen* D_2 und D_3 nachstehend näher beschriebenen Zwecken dienen.

Infolge der Verbindungen dieser Dynamos D_2 und D_3, welche direkt gekuppelt sind und gemeinsem angetrieben werden, mit je einem besonderen zweipoligen Umschalthebel (E. A.-G. vorm. O. L. Kummer & Co., Dresden), sind dieselben imstande, getrennt, parallel oder hintereinander geschaltet zu arbeiten und zwar:

1. als Ausgleichsmaschinen in den zugehörigen Netzhälften, wenn der Umschalter von D_2 auf Kontakt *1,* der von D_3 auf *5* steht,
2. als Ausgleichsmaschine in den entgegengesetzten Netzhälften, wenn der Umschalter von D_2 auf Kontakt *5,* der von D_3 auf *1* steht,
3. als Lademaschine zum Nachladen der +-Batteriehälfte, wenn D_2 und, bezw. oder D_3 auf Kontakt *2* steht,
4. als Lademaschine zum Laden der Schaltzellen —-*L* bis +-*L* oder der gesamten Batterie, wenn D_1 gleichzeitig Strom liefert (s. a. Tafel 19 Figur 2). Hierbei sind eine oder beide Dynamos D_2, D_3 auf Kontakt *3* geschaltet,
5. als Lademaschine zum Nachladen der —-Batteriehälfte, wenn D_2 und, bezw. oder D_3 auf Kontakt *4* steht.

Die Nachladung der Netzhälften ad *3*) und *5*) geschieht in der Weise, daß in Stellung *2* und *4* des Kontakthebels D_2 und D_3 von der mehrgeladenen, resp. weniger beanspruchten Batteriehälfte als Motoren angetrieben werden und ihre Kraft auf indirektem Wege über die Antriebsmaschine und die Hauptdynamo D_1 und somit der anderen Batteriehälfte mitteilen, d. h. diese Hälfte nachladen. Durch die Einrichtung, daß D_2 und D_3 in allen Stellungen parallel geschaltet werden können, brauchen sie nur für die halbe Ladestromstärke bemessen sein, da sie in ihren einzigen geteilten Funktionen, als Ausgleichsmaschinen, nur minimale Stromstärke herzugeben haben. Die Einschaltung von D_2 und D_3 als Motor geschieht in der Weise, daß zB. D_2 zuerst als Dynamo auf die gleiche Spannung der sie später antreibenden Netzhälfte gebracht und der Automat *SA* darauf geschlossen wird; D_2 gibt jetzt noch keinen Strom, da sie gleiche Spannung wie die Batterie hat; dann wird bei *NR* Widerstand eingeschaltet, wodurch die Spannung in *D* fällt und dieselbe Rückstrom erhält, d. h. als Motor läuft; der Automat *SA* muß bis dahin festgehalten werden. D_2 würde jedoch als Motor langsamer als Dynamo laufen und eigentlich keine Kraft abgeben können, sondern nur soviel Strom

der Batterie entnehmen, als sie zum Leerlauf bedarf, wenn dieselbe nur von der halben Netzspannung angetrieben würde, zumal hierbei eventuell zwischen *E* und *L* liegende Zellen der andern Netzhälfte gegengeschaltet sind. Um nun Kraft an die Antriebswelle abgeben zu können, erhöht man die Tourenzahl durch weitere Schwächung des Magnetfeldes mit *NR*. Dieser Ladungsausgleich ist allerdings etwas unökonomisch, da derselbe jedoch bei einer gut gewarteten Anlage und gleichmäßig belasteten Netzhälften nur sehr selten stattfindet, kommt der entstehende Verlust eigentlich nicht zur Geltung.

Tafel 29.

Die *Nebenschluß-Dynamo D,* welche das Netz speist, ist mit *Spannungsteiler* (Tafel 2 Figur 4) versehen und wird daher eine besondere Ausgleichsmaschine entbehrlich. In die Maschinenleitungen werden zwei Schwachstromautomaten gelegt, damit beide Außenleiter gleichzeitig ausgeschaltet werden und dadurch störende Wirkungen im Spannungsteiler und Anker vermieden sind, ebenso erhält jeder Außenleiter ein Ampèremeter. Der Ausschalthebel *HA* ist dreipolig. Die *Ladung der Batterie* geschieht *mit* der, wie früher direkt mit dem Motor *M* gekuppelten *Zusatzdynamo ZD*, welche vom Netz erregt wird. Die Einfachzellenschalter *EZ* liegen in den Außenleitern, während die Mitte der Batterie mit dem *O*-Leiter verbunden wird. Vermittels des zweipoligen Umschalthebels HU_2 wird mit *ZD* zunächst diejenige Batteriehälfte geladen, welche an der weniger belasteten Netzhälfte liegt, weil der Spannungsteiler von *D* nur 15% Stromdifferenz der Gesamtleistung in beiden Hälften verträgt. Sind die Netzhälften gleich belastet, so muß die der Ladung entgegengesetzte Hälfte künstlich belastet werden, was man dadurch erreicht, daß man einzelne Stromkreise, zB. die Maschinenhausbeleuchtung auf + oder — umschaltbar macht. *VV, MV, BV* sind Netz, Maschinen und Batterievoltmeter, deren Zuleitungen mit den gleichlautenden Punkten verbunden werden.

III. Abschnitt.

Schaltungen von Straßenbahnzentralen und Anlagen.

Tafel 30.

Figur 1. Die schematische Anwendung einer *Straßenbahnanlage mit gemischtem Betrieb,* bei dem einmal der Strom der Kontaktleitung das andere mal der Akkumulatorenbatterie entnommen wird, geht aus der Skizze klar hervor; bei der Schaltung soll erzielt werden, daß während der Fahrt eine unbeabsichtigte Entladung der Batterie *AB* auf die Oberleitung oder eine Überladung derselben verhindert wird. Zu diesem Zwecke legt man in die Entladeleitung eine Zelle *Z*, deren einer Pol aus Aluminium der andere aus einem beliebigen Metall, zB. Blei besteht. Parallel zur Zelle *Z* liegt ein Widerstand *W* und in Hintereinanderschaltung zur Zelle die Magnetwicklung *M* des selbsttätigen Ausschalters *HA*. Ist nun die Kontaktleitung positiv und der Rollenkontakt mit der Aluminiumplatte der Zelle *Z* verbunden, so tritt in derselben eine hohe Induktion ein und der Strom fließt über *W* der Batterie zu. Ändert sich die Stromrichtung jedoch, so gelangt der Strom von der Batterie durch *M* über die Bleielektrode der Zelle *Z* ungehindert hindurch, wodurch der Anker in *M* angezogen und *HA* ausgeschaltet wird.

Figur 2. Ein *Schaltungsschema einer Bahnzentrale für Gleichstrom* zeigt uns die Figur, in der *I, II—IV* vier Nebenschlußdynamos (mit Regulatoren *NR*) sind, welche parallel auf ein Schienenpaar arbeiten. *A* sind Ampèremeter, *Z* Zähler, *SA* Minimalautomaten, *H* Hebelausschalter und *S* Sicherungen; parallel zu den Maschinen arbeitet die Pufferbatterie mit Ampèremeter *A*, Strarkstromausschalter *SA max*, Hebelschalter *H*, Stromrichtungsanzeiger *Str*, die Sicherungen *S* und Umschalter *U*, welche dazu dienen, die Batteriegruppen *B I, II, III* beliebig für die Ladung zu je zwei abwechselnden Gruppen einzuschalten.

Ein Voltmeter mit Umschalter dient zum Spannungsvergleich der Maschinen und der Batterie, ein zweites zum Vergleich der Spannungen an den einzelnen Speiseleitungen, welche von der Minusschiene ins Netz ab-

zweigen; die Plusschiene liegt hier an Erde. Die Speiseleitungen führen den Strom über Sicherung *S*, Maximalautomat *SA max*, Hebelschalter *H*, Ampèremeter *A*, Induktionsspule *I*, zu den Teilstrecken, welche durch Streckenautomaten *SA max* miteinander verbunden sind. Im Falle einer Betriebsstörung an den Leitungen kann daher nur eine Teilstrecke stromlos werden.

Dehnt sich nun die Fernleitung zu weit aus, sodaß ein zu hoher Spannungsabfall bei normalem Betriebe auftreten könnte, so kann man die Anordnung treffen, welche später auf Tafel 81, Figur 2 erwähnt wird. Eine Hauptstrom-Zusatzdynamo *ZD*, welche von dem mit ihr direkt gekuppelten Motor *M* angetrieben wird, erhöht je nach dem Strombedarf, der sie durchfließen muß, die Spannung für die betreffende Fernleitungsstrecke, sodaß die Spannung an der Strecke daher auf nahezu gleicher Höhe gehalten wird. Ω ist ein Isolationsprüfer mit Umschalter *U*.

Figur 3. Bei *Zentralen mit Drehstrom als Betriebskraft* hat man auf entferntere Strecken den Vorteil, den Strom herauf transformieren zu können, um ihn dann wieder an den einzelnen Speisepunkten für die Betriebsspannung umzuformen. Das Schema, das ohne weitere Erklärung klar ist, zeigt eine einfache Anordnung unter Fortlassung aller Instrumente und Apparate.

Figur 4. Für die *Pufferbatterien in Bahnzentralen* verwendet man vorteilhaft eine Schaltung, wie sie die Figur wiedergibt.

Die Dynamo mit Anker *A* und Magnetwickelung *N*, Nebenschlußregulator *NR*, Sicherungen *S*, Hebelschalter *H*, Ampèremeter *A*, Minimalautomat *SA min*, und Erregungsumschalter auf Selbsterregung *M* und Batterieerregung *N* arbeitet auf die + und —-Schiene. Parallel zur Dynamo liegt die Pufferbatterie mit der Gruppenteilung *B I*, *II*, *III*. Die Endpole der Batterie sind einmal über Maximalautomat *SA max*, Hebelschalter *H*, Ampèremeter *A* mit dem Pluspol, das andere Mal über Umschalter *U*, Widerstand *W*, Stromzeiger *Str*, Hebelschalter *H* mit dem Minuspol des Netzes verbunden. Der Umschalter *U* in Verbindung mit *W* vertritt den Zellenschalter, da durch *U* nur eine bestimmte Anzahl Zellen abgeschaltet werden kann, und die weitere Spannung mit *W* reguliert wird. Die Parallel- und Gruppenschaltung der einzelnen Batterien I, II, III geschieht mit einem Controller, der mit den Batteriepolen in der gezeichneten Weise verbunden, folgende Kombinationen ermöglicht:

1. Batterie I, Batterie II hintereinander.
2. „ I, „ III „
3. „ II, „ III „
4. „ I, „ II, Batterie III hintereinander.

Ein Batterievoltmeter *BV* und ein Maschinenvoltmeter *MV* dienen zur Spannungskontrolle.

Tafel 31.

Die Straßenbahnzentrale der Barmer Bergbahn, erbaut von der „Siemens & Halske A.-G.“, hat folgende Anordnung der Schaltung*).

Vier parallel auf die Hauptsammelschienen arbeitende Nebenschlußdynamos D_1, D_2, D_3, D_4 sind mit je 2 einpoligen Hebelschaltern HA_{1-4} ausschaltbar, die Erregung der Maschinen erfolgt von den Schienen, die Regulierung mit Hilfe der Nebenschlußregulatoren NR_{1-4} zur Spannungskontrolle dient Voltmeter *V* mit zugehörigem Umschalter; die Ampèremeter *A* zeigen die Stromstärken der Maschinen an.

Links auf der Zeichnung befindet sich ein Umformersatz mit Motor *M*, zugehörigem Nebenschlußregulator *NR*, Anlasser *AW* und Hebelausschalter *HA* sowie Ampèremeter *A*, ferner mit der direkt gekuppelten Zusatzdynamo *ZD*, welche dazu dient, die zu den Hauptschienen parallelliegende Pufferbatterie aufzuladen, wobei der 3 polige Umschalthebel *HU 3 p* auf *L* geschaltet wird, oder die Beleuchtungsanlage mit der niedrigeren Spannung direkt zu speisen, wenn *HU 3 p* auf *Li* geschaltet ist; in dieser Stellung wird dann die Batterie gleichzeitig parallel zu den Schienen geschaltet. Der Batterie-Schalthebel *HA* wird während Ladung und Entladung geschlossen, der Umschalthebel *U* dient zum Ab- und Zuschalten einiger Zellen je nach dem Spannungsstand der Batterie. Für die Beleuchtung ist außerdem ein Anschluß *StA* an das städtische Lichtnetz mit 2 × 110 Volt Spannung vorgesehen, sodaß dieselbe bei Betriebsstörungen mittels des 4 poligen Umschalthebels *HU 4 p* umgeschaltet werden kann. Die Verteilung der Beleuchtung ist demnach nach dem Dreileitersystem vorgenommen und kann auch vom eigenen Zweileiternetz gespeist werden. Die diesbezügliche Anordnung ergibt die Zeichnung.

Die zwischen Sonnborn und Schwarzbach durch Elberfeld - Barmen fahrende Bahn, welche den Strom aus der Bergbahnzentrale erhält, hat für die Speiseleitungen eine gesonderte Sammelschiene, welche über einen Zähler *M* und Sicherung *S* an die Hauptschienen angeschlossen ist. Die einzelnen Speiseleitungen erhalten Sicherungen *S*, Hebelausschalter *HA* und Maximalstromautomaten *SA max*, Ampèremeter *A* und Einzelzähler *M*. Die von den Hauptschienen direkt abzweigenden Speiseleitungen führen zu den Barmer Bahnen. Für die Schwelmer Linie ist eine Pufferbatterie, für diejenige nach Ronsdorf eine Zusatzdynamo *ZD* mit Motor *M* aufgestellt. Durch Umschalten des Hebelumschalters HU_1 kann diese Strecke daher normale oder bei starkem Betrieb erhöhte Spannung erhalten. Die sonstige Anordnung der Apparate usw. ergibt die Zeichnung.

---

*) Näheres s. Z. d. V. D. I. 03 Seite 13.

Tafel 32.

Das Schaltungsschema der mit 750 Volt betriebenen Berliner Hochbahnzentrale gestaltet sich folgendermaßen:

Die drei Nebenschlußmaschinen D_{1-3} arbeiten parallel auf den Hauptsammelschienen + —, von denen — an Erde gelegt ist. Der Maschinenstrom wird mit den Ampèremetern A_{1-3} gemessen, während mit Voltmeter V die Spannungen verglichen werden können. Die einzelnen Speiseleitungen erhalten entsprechende Sicherungen S, Ampèremeter A, Zähler Z, Starkstromautomaten SA. Sofern diese ausschalten, wird über 2 Kontakte ein Strom einer kleinen 10 Zellen-Batterie geschlossen, welche ein Läutewerk in Bewegung setzt.

Von einer Nebenschalttafel sind die beiden Ladeumformer bezw. deren Motoren M_1 und M_2 über SS, HA, AW abgezweigt. Die Motoren M_1, M_2 sind mit den Zusatzmaschinen $ZD_{1,\,2}$ von 220 — *max* 350 Volt Spannung direkt gekuppelt. Die Erregung der letzteren geschieht ebenfalls von den 750 Volt-Schienen über NR. Diese Umformer dienen verschiedenen Zwecken. Erstens können dieselben einzeln oder parallel zur Ladung der an den Sammelschienen liegenden Pufferbatterie PB benutzt werden, wenn der Batterieumschalter U nach unten und die 2poligen Hebelumschalter der Zusatzmaschinen ZD_1, ZD_2 auf Ladung der Batterie LB stehen. Bei Parallelbetrieb der Batterie mit den Hauptmaschinen steht Umschalter U nach oben. Zweitens können $ZD_{1,\,2}$ auf das Lichtnetz von 220 Volt LN arbeiten, und zwar hierbei entweder direkt auf die Verteilungstafel (HU nach unten) einzeln oder parallel oder aber auf die Ladeschienen der Lichtbatterie von 120 Elementen (HU nach oben) oder schließlich getrennt laden und Netz speisen. Die Lichtbatterie hat Doppelzellenschalter DZ und zugehörige Apparate, die vorher erwähnte Pufferbatterie außerdem noch einen Batteriezähler.

Tafel 33.

Bei der vorliegenden *Straßenbahnzentralschaltung nach Ausführungen der Firma Kolben & Co. Prag* arbeiten die 3 Hauptdynamos D_{1-3} parallel auf die Hauptsammelschienen, jedoch unter Zwischenschaltung von Minimalautomaten. Die Erregung der Maschinen erfolgt vom Netz über eine besondere Erregerleitung. Parallel zu den Sammelschienen ist unter Zwischenschaltung eines Maximalautomaten die Pufferbatterie angeordnet, deren Ladung durch den Gruppenschalter Gs in der Weise erfolgt, daß einmal Gruppe *1* und *2*, dann *2* und *3* und schließlich *1* und *3* geladen werden. Bei der Entladung werden die Gruppen wieder hintereinander geschaltet und die Spannung durch Zellenschalter Z reguliert. Nähere Beschreibung des Gruppenschalters Gs siehe B. II, Abschn. 8. Ein weiteres Eingehen auf das Schema erübrigt sich nach dem früher Gesagten, da sonst Sonderheiten nicht vorliegen.

Tafel 34.

Das *Schaltungsschema der Zentrale der Großen Berliner Straßenbahn**) unterscheidet sich im wesentlichen von den vorigen Anordnungen dadurch, daß die Betriebsdynamomaschinen D_{1-3} nicht von Dampfmaschinen, sondern von Motoren angetrieben werden, die aus dem Netz der Berliner Elektrizitätswerke den Strom erhalten. Eigentlich ist die Zentrale daher eine Umformerstation, indem die Netzspannung von 440 Volt auf die Straßenbahnbetriebsspannung von 550 Volt umgeformt wird.

Ein weiterer Unterschied liegt jedoch auch darin, daß die Hauptdynamos D_{1-3} keine reinen Nebenschluß-, sondern Kompoundmaschinen sind, die bei wechselnder Belastung ihre Spannung stets konstant erhalten; hierdurch erübrigt sich auch die Anwendung einer Pufferbatterie.

Der Anschluß an die Berl. El.-Werke ist zur Vermeidung von Störungen doppelt und umschaltbar eingerichtet, ebenso alle Speisekabel, welche im Notfalle direkt auf die 440 Volt Sammelschienen umgeschaltet werden können. Diese, sowie die übrigen Anordnungen der Meß-, Zähl- und Schaltapparate gehen aus dem Schema ohne weiteres hervor.

Tafel 35/36.

Über ein weites Gebiet erstrecken sich die von der „E. A.-G. vorm. Schuckert & Co.“ erbauten *Schlesischen Kleinbahnen*, deren *Schaltanlage* die vorliegenden Tafeln zeigen.

Der für den Gesamtbetrieb des Bahnnetzes erforderliche Strom wird in der Station Nieder-Heiduck erzeugt, welch letztere auch zum Betrieb der Unterstation Rosdzin hochgespannten Strom liefert. Jede der 4 Dynamomaschinen ist so geschaltet, daß sie entweder nur Gleichstrom (GD_{1-4}) oder nur Drehstrom (DG_{1-4}) abgeben können und zwar Gleichstrom von 600 Volt Spannung von 3 × 365 Volt bei 53 Polwechseln per Sekunde. Diese Maschinen haben auf der einen Seite einen Kollektor, während auf der andern Seite 3 Schleifringe angebracht sind. Die Drehstrom- und Gleichstromleitung wird einer Ankerwicklung entnommen. Die Felderregung N ist für beide Stromarten dieselbe. Die Maschinen können eventl. auch gleichzeitig beide Stromarten abgeben.

Von den Bürsten der Gleichstrommaschinen GD_{1-4} führt auf der +-Seite die Leitung zur Sicherung S Maximalausschalter SA_{max} durch Zähler Z und Ampèremeter A an die gemeinsame +-Schiene. Der Zähler Z registriert die Kilowattstunden. Die Nebenschlußerregerwicklung der Maschinen kann

*) Näheres siehe ETZ 03 S. 79ff.

durch den Umschalter *U* entweder auf den einen oder andern Regulator *NR* geschaltet werden, je nachdem Gleich- oder Drehstrom abgegeben werden soll. Ein Handmagnetausschalter *MA* schützt die Magnetwicklung durch Kurzschließen in sich vor dem Durchschlagen bei Unterbrechung der Erregung. Die —-Leitung der Erregerwicklung liegt an der —-Sammelschiene. Dies gilt für alle 4 Dynamos. Die Spannung wird mittels Voltmeter *V* und Umschalter *VU* kontrolliert.

Parallel zu den Sammelschienen ist eine Pufferbatterie ES_{17} aufgestellt, die mit Hebelumschalter *HU* entweder auf Netz, oder Ladung geschaltet werden kann. Der +-Pol der Batterie erhält einen Ausschalter *HA*, 2 Kontroll-Zähler *Z* und Ampèremeter *A* mit Ausschlag für Ladung und Entladung. Die Ladung der Batterie erfolgt durch die vom Motor *M* angetriebene Zusatzdynamo *ZD*, deren —-Pol über Schalter *HA* an der Minusschiene liegt, während der +-Pol über Sicherung *S*, Minimalautomat *SAmin*, Ampèremeter *A* zum Ladeumschalter *U* der —-Seite der Batterie führt. In der Motorleitung ist außer dem Ampèremeter *A*, Anlasser *AW* ein Maximalautomat *SAmax* eingebaut. Die Erregung der Zusatzmaschine geschieht über *S*, Magnetausschalter *MA*, Nebenschlußregulator *NR* vom Netz.

Die links von den Sammelschienen abführenden Speiseleitungen erhalten Ampèremeter *A*, Ausschalter *HA*, Maximalausschalter *SAmax* und Sicherungen *MS*, sowie Blitzableiter *Bl* mit Induktionsspule *IS*. Die Spannung bezw. Erdschluß der Speiseleitungen kann mit Voltmeter *EA* kontrolliert werden.

Die Erregung der Drehstromgeneratoren DG_{1-4} geschieht in derselben Weise wie die der Gleichstromdynamos. Die Generatoren erhalten Sicherungen *S*, Ausschalter *HA*, über Strom- und Spannungstransformatoren *StT* und *SpT* angeschlossene Induktions-Zähler *Z* sowie Ampèremeter *A*. Von 2 Klemmen jeder Maschine gehen ferner Meßleitungen zum Voltmeter *VU*, wodurch die Spannungen der einzelnen Maschinen abgelesen werden können. Ein Voltmeter *VS* ist unter Einschaltung eines Phasenindikators direkt an die Schienen angeschlossen. Gleichzeitig mit dem größeren oder kleineren Ausschlag desselben erglüht die Glühlampe *Gl*. Erlischt die Lampe und steht der Zeiger auf Null, so werden die Maschinen parallel geschaltet.

Von den gemeinsamen Drehstromsammelschienen führt der Strom über die Sicherungen *S* und Ausschalter *HA* zu dem Transformator *T*, wo derselbe auf 4500 Volt transformiert wird, um über die Hochspannungssicherungen *HS*, Sicherheitsrelais *R*, Induktionsspulen *I* und Blitzableiter *Bl* nach der Unterstation Rosdzin zu gelangen. Über den hinter den Hochspannungssicherungen angebrachten, in der Zeichnung nicht angegebenen Erdschlußanzeiger für Hochspannung s. Bd. II, Abschn. 5. Die Sicherheitsrelais *R* schließen bei Bruch oder Defekt der Hochspannungsleitungen einen Stromkreis, wodurch der automatische Magnetausschalter *AMA* in Funktion tritt.

Die Maschinen der Unterstation Rosdzin sind in umgekehrter Weise wie diejenigen in der Primärstation angeordnet; desgleichen die der Pufferbatterie mit Ladeumformer. Das Anlassen der Umformer erfolgt von der Gleichstromseite aus, sodaß in die —-Leitung ein Anlasser *AW* eingebaut ist. Mit Hilfe dieses und des Nebenschlußregulators werden die Motoren auf Phasengleichheit gebracht und dann auf die Schienen geschaltet.

Tafel 37.

Als eine der ersten *mit hochgespanntem Drehstrom betriebenen Vollbahnen* dürfte die von „Ganz & Co.“ in Verbindung mit der „E. A.-G. v. Schuckert & Co.“ erbaute *Valtellina-Bahn* zu erwähnen sein. Dieselbe vermittelt den Verkehr von Chiavenna nach Secco am Como-See entlang mit dem Abzweig von Colico die Adda hinaus durch das Valtellina-Tal bis Sondrio*).

Die von Francis-Turbien angetriebenen Drehstromgeneratoren G_{1-4} arbeiten mit 15 Perioden p. Sek. und 20000 Volt Spannung und sind mit den zugehörigen Gleichstromgeneratoren D_{1-4} direkt gekuppelt. Die Erregerstromstärke von G_{1-4} wird dadurch reguliert, daß die Selbsterregung von D_{1-4} durch Zentrifugalregulatoren CR_{1-4} beeinflußt wird, die bei zu hoher Geschwindigkeit den Widerstand W durch Öffnen des Kohlekontaktes K einschalten. Die Regulierung der Turbinen geschieht mit einem nicht gezeichneten Hilfsmotor.

Der von den Generatoren G_{1-4} erzeugte hochgespannte Strom wird unter Zwischenschaltung von Spannungs- und Stromtransformator gemessen und gelangt über die Hochspannungsumschalter *HU 3 p* auf die Sammelschienen der Speiseleitungen I oder II. Zum Parallelschalter der Generatoren dienen die Synchronismus-Voltmeter *SV* nebst Umschaltern. Mit Hilfe des Synchronismusanzeigers *SAZ* kann auch die Phasenvergleichung mit den Sammelschienen vorgenommen werden. Die von den Sammelschienen abgezweigten Speiseleitungen I und II erhalten Sicherungen S und Hochspannungsausschalter *HA 3 p*, ferner in jeder Phase ein mit Spannungstransformator angeschlossenes Voltmeter V, sowie einen Zähler Z, schließlich die nötigen Blitzableiter *Bl* mit Erdplatten E und Drosselspulen D.

*) Näheres siehe Z. d. V. D. I. 03 Seite 185 ff.

IV. Abschnitt.

Schaltungen von größeren Elektrizitätswerken zur Abgabe von Strom für Licht- und Kraftzwecke nach praktischen Beispielen.

Tafel 38.

Zum Betrieb dieser *Zentralstation,* deren Antriebsmaschinen aus Explosionsmotoren bestehen, dienen *Hauptdynamo* D_1 von Außenleiterspannung und die *Reserve-Ausgleichs- oder Lademaschinen* D_2 und D_3, die hintereinander geschaltet je eine Netzhälfte mit Strom versorgen. Bei stillstehendem Betriebe übernimmt die *Akkumulatoren-Batterie* die Stromlieferung. Befindet sich D_1 im Betrieb, so geschieht der *Spannungsausgleich* durch die Batterie, während bei Stromabgabe von Dynamo D_2 und D_3 (*HU* auf *N*, *SA*, *SA.mot.* eingeschaltet), die gleich groß sind, der Ausgleich durch entsprechende Belastung der Maschinen vorgenommen wird. Die Magnetwicklungen dieser Maschinen sind durch HU_2 umschaltbar und zwar einmal auf Netzerregung, wenn die Maschinen als Betriebsmaschinen laufen, zur besseren Konstanterhaltung der Spannung bei Antriebsschwankungen oder wenn D_2 und D_3 vom Batteriestrom als Motor angetrieben werden, das andere Mal auf Selbsterregung, wenn die Maschinen zum Laden der Batterie (*HU* auf *L*) dienen sollen. Das Anlassen von D_2 und D_3 als Motoren, um bei dem sie gemeinsam antreibenden Explosionsmotor die zur Zündung nötige Kompression zu erzielen, geschieht in der Weise, daß zunächst über HU_2 die Magnete vom Netzstrom (NR_2 NR_3 kurz geschlossen) erregt werden. Dann werden die Anker von D_2 und D_3 mit Hebelschalter H_2 unter Vermeidung des Nullpoles hintereinandergeschaltet; hierauf wird *SA.mot.* eingelegt und der Flüssigkeitsanlasser *Fl.A.W.* langsam heruntergelassen; solange die Dynamomaschinen jetzt als Motoren laufen, hält *SA.mot.* fest, kommt jedoch der eigentliche Antriebsmotor in Gang, so läßt der Stromverbrauch nach und *SA.mot.* schaltet aus. Nach Öffnung aller Apparate sind D_2 und D_3 jetzt beliebig als Dynamos verwendbar. Die Benutzung derselben als Lademaschinen geschieht eigentlich nur ausnahmsweise bei stark entladener Batterie; es ist jedoch durch dieselben eine Reserve für

die gewöhnlich zur Ladung benutzten Zusatzmaschinen *ZD* geschaffen. Diese, die direkt von dem vom Netze gespeisten und mit ihr gekuppelten Motor *M* angetrieben wird, hat zwei Kollektoren, die entweder einzeln auf eine Batteriehälfte (zB. *H* und + *SA* geschlossen) oder hintereinandergeschaltet (*H* offen, *SA*, *SA* geschlossen) die Schaltzellen, bezw. in Hintereinanderschaltung mit D_1 die gesamte Batterie laden; die Anordnung der hier unbedingt notwendigen Doppelzellenschalter (Tafel 19 Figur 2) ist daher — nach Fischinger — in der Mitte der Batterie getroffen worden. Da D_1 nur Außenleiterspannung besitzt, muß, wie früher bereits erwähnt, beim Nachladen nur einer Netzhälfte die andere durch Widerstände oder besser Umschalten einiger Stromkreise künstlich belastet werden. In den Außenpolen der Batterie liegen die Hebelausschalter *H-H*, die gleichzeitig als Stromrichtungszeiger dienenden aperiodischen Ampèremeter *AA*, die Starkstromautomaten *StA* und die Sicherungen *SS*. Die Entladehebel der Doppelzellenschalter sind mit automatischer Einstellung versehen (cf. Bd. II Abschnitt 5). Voltmeter *VD* vergleicht die Spannnungen von D_1, D_2, D_3, *VZD* die der Zusatzmaschine unter sich, *V.St* sind Stationsvoltmeter, *VB*— und *VB*+ dienen zum Messen der Spannungen in den entsprechenden Batteriehälften. *IP* ist ein Isolationsprüfer.

Die Ingangsetzung des D_1 antreibenden Gasmotors geschieht bei der Station mittels komprimierter Luft (ca. 7 Atm.), die hinter dem Kolben in den Zylinder geleitet wird.

Tafel 39.

Schaltung einer Primäre mit Hauptdynamo HD, zwei Reserve- und Lademaschinen D_1, D_2, einer Zusatzmaschine ZD, zwei Ausgleichsmaschinen AM.

Die Hauptdynamo *HD* arbeitet auf die Außenleiter des Netzes; zu ihrer Unterstützung bezw. als Reserve dienen die Nebenschlußmaschinen D_1 und D_2, welche auf je eine Netzhälfte Strom geben (HU_1 und HU_2 auf *N*), oder zum Laden der Batterie bestimmt sind (HU_1 und HU_2 auf *L*). Letztere ist in der Mitte über den zweipoligen Umschalthebel *HU*, 2 Ampèremeter und zwei Stromrichtungszeiger mit dem *0*-Leiter des Netzes verbunden, während die Doppelzellenschalter in ihren Außenpolen liegen. Bei Alleinbetrieb von *HD* dient die *Batterie* als *Spannungsteiler*. Da die Spannung der Lademaschinen D_1 D_2 bezw. ihre Tourenzahl nicht erhöht werden kann, wird durch Umschaltung von *HU* in der Mitte der Batterie eine Zusatzmaschine *ZD* zwischen die Batteriepole hintereinander geschaltet; der Ausgleich der Netzhälften findet jetzt über die am Nullleiter liegenden Pole von D_1 und D_2 nnd durch den Doppelzellenschalter statt, jedoch ist es bei sehr verschiedener Belastung der Hälften vorteilhafter, die Ausgleichsmaschinen *AM* zu verwenden; diese bestehen aus zwei direkt gekuppelten Maschinen, deren Pole, wie Zeichnung

angibt, mit den Schienen des Netzes verbunden sind. Die Maschine, welche an der gerade weniger belasteten Hälfte liegt, läuft als Motor, um durch Antrieb der andern — dann als Dynamo arbeitenden — Strom in die belastete Hälfte abzugeben. Die Einschaltung geschieht in der Weise, daß die vom Netz erregten *AM* nach Schließen der in den Außenleitern liegenden Schalthebel $+H$, $-H$ unter Benutzung des Anlaßwiderstands *AW* als hintereinander geschaltete Motoren laufen; haben sie so ihre normale Tourenzahl erreicht, so schaltet man den Nullleiter *HH* ein und arbeiten *AM* jetzt auf Spannungsteilung. Das Abschalten geschieht in umgekehrter Reihenfolge.

Die Spannungsmesser *V*, *St V*, V_2, V_3 werden mit den gleichnamigen Punkten verbunden und zeigen die verschiedenen Spannungen der Dynamomaschinen, des Netzes, der Batterie und der Zusatzmaschinen. Bei den Ausgleichsmaschinen ist, wie aus obiger Ausführung ersichtlich, eine Spannungsmessung nicht erforderlich. Um sich jedoch von dem richtigen Arbeiten dieser Maschinen zu vergewissern, schaltet man in die Außenleiter oder einfacher in den Nullleiter Stromrichtungszeiger.

Tafel 40.

Die *mit Spannungsteiler* (Tafel 2 Figur 4) *versehene Betriebsdynamo D* kann sowohl auf das Netz arbeiten wie mit erhöhter Spannung über die Ladehebel der in den Außenpolen angeordneten Doppelzellenschalter die Batterie laden. In diesem Falle wird das Netz von der *Batterie*, die auch gleichzeitig die *Spannungsteilung* übernimmt, gespeist werden. Nähere Einzelheiten sind aus der Zeichnung zu ersehen.

Tafel 41.

Das *Schaltungsschema der elektrischen Anlage des Emdener Hafens* wurde auf Grund folgender Gesichtspunkte von der „S. u. H. A.-G.“ aufgestellt. Für die erste Ausführung war nur eine kleine Beleuchtungsanlage und 5 Krane vorgesehen, von denen die Krane eine stets wechselnde Stromabnahme verursachten, jedoch waren die Stromstöße nur vorübergehend, sodaß man zu dem Resultat kam, eine Gleichstromanlage mit Pufferbatterie aufzustellen. Als Spannung für Kraftzwecke wurden 500 Volt gewählt, während für die Beleuchtung eine Dreileiteranlage mit 2×220 Volt zur Anwendung gelangte und zwar mit geerdetem Mittelleiter. Die Spannungsteilung besorgt die Batterie.

Die Schaltung ist so ausgeführt, daß die Lichtleitungen unabhängig von den Kraftleitungen die Verbrauchsspannung von 2×220 Volt erhalten. Hierfür sind die Kraftleitungen an die Ladehebel *L* der Doppelzellenschalter *DZ*, die Außenleiter des Lichtnetzes an die Entladehebel *E* der Zellenschalter *DZ* gelegt. Um nun jedoch zu vermeiden, daß die Kraftleitungen während

der Ladung der Batterie zu hohe Spannung erhalten, kann für diese Zeit die Kraftleitung auf die Entladehebel E mittels Umschalthebel $HU\,2\,p$ umgeschaltet werden. Die Motoren arbeiten dann allerdings mit etwas niedrigerer Spannung, was denselben als Hauptstrommotoren jedoch unschädlich ist. Von den Licht- und Kraftverteilungsschalttafeln führen die einzelnen Stromkreise über Sicherungen S, Schalter HA, Ampèremeter A zu den Verbrauchsstellen.

Die drei Nebenschlußmaschinen D_{1-3} arbeiten parallel über die üblichen Apparate. Die Ladung der Batterie erfolgt durch eine mittels Motor M angetriebene Zusatzdynamo ZD. Die Erregung geschieht vom Netz.

Tafel 42.

Drei in Parallelschaltung angeordneten Dynamomaschinen D_1, D_2, D_3 dienen als Haupt- bezw. als Reservemaschinen, wie das Schema zeigt, und zwar arbeitet D_1 auf die Außenleiter, D_2 und D_3 auf je eine Netzhälfte. Zur *Spannungsteilung* dient ferner die *Batterie*, deren Endpole an den Außenleitern liegen, während die Entladehebel E der in der Mitte angeordneten Doppelzellenschalter DZ mit dem Nullleiter verbunden sind. Die *Ladung* der Batterie wird durch die *Zusatzmaschine* ZD bewirkt, welche mit dem sie antreibenden Motor M direkt gekuppelt ist. Durch die verschiedenen Stellungen von HU_1 und HU_2 kann die Zusatzdynamo ZD:

1. zum Laden der Gesamtbatterie in Hintereinanderschaltung mit einer Hauptmaschine (HU_1 nach oben geschaltet, HU_2 offen).
2. zum Nachladen der +-Hälfte (HU_1 nach unten, HU_2 nach oben geschaltet),
3. zum Nachladen der —-Hälfte (HU_1 und HU_2 nach unten geschaltet) benutzt werden. In den beiden letzten Fällen ist Ausgleichsbelastung der anderen Netzhälfte, wie mehrfach erwähnt (zB. Tafel 38) erforderlich. Die Anordnung der Maschinen (VD, VDZ), Stations-(VSt), Batterievoltmeter (VB) sowie des Isolationsprüfers (IP) ergibt die Zeichnung.

Tafel 43.

Die Schaltung einer für eine Industriestätte ausgeführten *Zentrale* zeigt dieses Schema. Die Station besteht aus *zwei* parallel arbeitenden *Hauptbetriebsmaschinen* HD_1, HD_2, welche mit Außenleiterspannung arbeiten. Die Eigenart der Station liegt in den sowohl als *Lade-*, wie als *Ausgleichsmaschinen* dienenden *Zusatzdynamos* ZD_1 und ZD_2. Diese werden von je einem vom Netze gespeisten Elektromotor M_1 M_2 angetrieben, mit welchen sie gekuppelt sind, und haben jede zwei Kollektoren ZD_1, ZD_{1_1}, ZD_2, ZD_{2_2}, welche 1. bei der Zusatzspannung in Parallelschaltung mit einander mit der Ladestromstärke, oder 2. in Hintereinanderschaltung bei Netzspannung und halber Stromstärke

1. auf Ladung oder 2. Spannungsteilung arbeiten. Diese Schaltungen lassen sich mit Hilfe der 4 zweipoligen (zwei für jede Maschine) Umschalthebel *HU* in der Weise bewerkstelligen, daß bei *Einlegung* der Schalter *HU* nach unten die Dynamos auf Ladung, nach oben auf Ausgleich arbeiten. Ist ersteres der Fall, so dient die *Batterie* wie auch bei Stillstand von ZD_1 und ZD_2 als *Spannungsteiler*. Soll nur die eine Hälfte der Batterie nachgeladen werden, so muß bei gleichem Stromverbrauch in den Netzhälften die der nachzuladenden Batterie entgegengesetzte künstlich durch Umschalten von Leitungen belastet werden, oder man läßt die in der anderen Netzhälfte liegende *ZD* bei hintereinander geschalteten Kollektoren als Motor laufen, um den in dieser Netzhälfte zu verbrauchenden Strom über den zugehörigen Motor *M*, der dann als Dynamo arbeitet, auf die Außenleiterspannung zu transformieren und abzugeben. Durch gleichmäßige Belastungsverteilung im Netz und richtige Wartung wird diese Nachladung aber fast unnötig. Die Zusatzmaschinen erhalten ebenso wie die Hauptdynamos Ampèremeter, Sicherungen und Schwachstromautomaten, ferner zur besseren Kontrolle noch Stromrichtungszeiger.

Die Doppelzellenschalter *ZD* liegen in der Mitte der Batterie mit ihren Entladehebeln an Null, durch welche Anordnung, wie wir bereits früher sahen, erzielt wird, daß die Zusatzmaschinen entweder allein die Schaltzellen (*L—E—E—L*) oder in Hintereinanderschaltung mit einer Hauptmaschine die gesamte Batterie laden; hierbei läßt sich naturgemäß die Stromstärke in den Schalt- und Stammzellen unabhängig von einander regulieren. Die ganze Anordnung geht übersichtlich aus dem Schema hervor, wenn man sich noch die Voltmeterkontakte mit den gleichbezeichneten Punkten verbunden denkt.

Tafel 44.

Die *Nebenschlußdynamo* D_1 arbeitet mit *Spannungsteiler SpT* (Tafel 2, Figur 4) auf die Sammelschienen der Station. D_2 ist eine *Reservemaschine* von gleicher oder annähernder Größe. Um die doppelte Anzahl der Apparate wie Ampèremeter, Schwachstromautomaten und Spannungsteiler entbehrlich zu machen, können die Maschinen mit den doppelpoligen Hebeln *HU* umgeschaltet werden; selbstverständlich kann immer nur eine Dynamo im Betriebe sein, was aber genügt, da die zweite lediglich zur Reserve dient. Die *Zusatzdynamo ZD* kann mit Hilfe der zwei zweipoligen Umschalthebel HU_2 derartig in der Mitte der Batterie zwischengeschaltet werden, daß sie sowohl zum Laden der ganzen Batterie als auch zum Ausgleich der beiden Hälften benutzt werden kann. Die Spannungsteilung geschieht während der Ladung über *SpT*. Der Betrieb gestaltet sich sonst in der üblichen, mehrfach schon beschriebenen Weise, die durch nähere Betrachtung des Schemas sich von selbst ergibt.

Tafel 45.

Vorliegendes Schema zeigt uns eine elektrische *Zentrale* mit *zwei Betriebsmaschinen* HD_1, HD_2, die gleichzeitig als Lademaschinen mit erhöhter Spannung arbeiten können, einer *Akkumulatorenbatterie* zum Spannungsausgleich bei Belastungsschwankungen und *zur Spannungsteilung* auf das Dreileiternetz, ferner *zwei* miteinander verbundene *Ausgleichs- bezw. Lademaschinen* AD_1 und AD_2.

Die Dynamos HD_1 und HD_2 sind mit zwei zweipoligen Umschalthebeln HU so zu schalten, daß sie sowohl einzeln wie parallel auf die Außenleiter des Netzes, ferner einzeln oder zusammen über die Ladeschienen der Batterie auf die Ladehebel L der an beiden Endpolen der Batterie angeordneten Doppelzellenschalter DZ, schließlich wechselweise als Lade- oder Betriebsmaschinen arbeiten können. Der Nebenschlußstrom wird beim Ausschalten der Maschinen durch einen mit dem Hebel von NR mechanisch verbundenen Kohlenausschalter KA selbsttätig unterbrochen, sobald der Hebel den letzten Widerstandskontakt verläßt, um auf den Kurzschlußkontakt zu gehen. Die Batterie, welche infolge der Ausrüstung mit Doppelzellenschaltern stets Strom ans Netz gibt, ist in der Zellenmitte nach beiden Hälften über Sicherung S, gleichzeitig als Stromrichtungszeiger dienendem Ampèremeter A (mit Ausschlag nach beiden Seiten), ferner Batterie-Wattstundenzähler AZ mit dem Nullleiter des Netzes verbunden. Ein derartiger Batteriezähler ist Bd. II, Abschn. 6 näher beschrieben. Ist die Batterie ungleich belastet gewesen, so kann die Nachladung der einen Batteriehälfte mit Hilfe der für die Ladespannung der halben Batterie konstruierten Dynamomaschinen AD_1 AD_2 erfolgen. Nehmen wir an, die Minushälfte der Batterie soll nachgeladen werden, so schalten wir die zwischen den Maschinen liegenden einpoligen Umschalthebel in die punktierte Stellung, schließen den Nebenschlußregulator NR von AD_2 kurz, schalten den rechts liegenden Hebelumschalter HU auf Netz (nach oben) und lassen AD_2 als Motor mit AW an. Jetzt bringen wir AD_1 auf Ladespannung und schalten HU links auf die Batterie (nach unten). Die zwischen die Maschinen gelegten Ampèremeter zeigen gleichzeitig, ob die Maschine als Dynamo oder Motor läuft. Beim Abschalten wird in umgekehrter Reihenfolge verfahren. Sollen AD_1 und AD_2 dagegen als Ausgleichsmaschinen dienen, so werden HU rechts und links auf Netz und die beiden HU in der Mitte auf den Anlaßwiderstand AW (nach der Mitte) gelegt, AW allmählich kurz geschlossen, wobei die Dynamos dann von selbst den Ausgleich übernehmen. Mit Hilfe von NR können dieselben noch nach Wunsch reguliert werden. Ist der Stromverbrauch in beiden Netzhälften gleich, so laufen beide Maschinen leer als Motoren.

Der Spannungsvergleich geschieht durch die mit Umschaltern VU_1 und VU_2 versehenen Voltmeter V_1 und V_2.

Tafel 46.

Das Schaltungsschema des Elektrizitätswerks Gmünd nach Ausführung der „Vereinigten Elektrizitäts-A.-G. Wien“ zeigt die vorliegende Tafel.

Die *beiden* zunächst aufgestellten *Gleichstromdynamos* $D_{I, II}$ arbeiten mit der Spannung von 440—500 Volt auf die Außenleiter + und — des Netzes, während zur *Spannungsteilung* ein *Ausgleichsaggregat* AM_1 AM_2 aufgestellt ist; dieses ist gleichzeitig mit der zur Ladung der Batterie nötigen *Zusatzmaschine* *ZD* gekuppelt. Die Erregung der Ausgleichsmaschinen geschieht mit Fremdspannung von der jeder Maschine entgegengesetzten Netzhälfte mit NRA_{1-2}, das Anlassen der Maschinen mit *AW* bei geöffnetem Ausschalter *HA 2 p*. Sind die Maschinen im Betrieb, wird *HA 2 p* geschlossen und der Ausgleich findet statt. Die Zusatzdynamo *ZD* läßt sich mit Hilfe der Hebelumschalter *HU* so auf Batterie schalten, daß entweder die ganze Batterie oder jede Hälfte für sich geladen werden kann. Der zweipolige Hebelumschalter *HU* in der Mitte der Batterie dient zur Schaltung derselben auf Ladung *L* oder Entladung *E*.

A sind Ampèremeter, *V* Voltmeter mit *VU* Voltmeterumschalter, *S* Sicherungen, *NR* Nebenschlußregulatoren, *EZ* Einfachzellenschalter, *Str* Stromrichtungsanzeiger, *SA* Schwachstromautomaten wie bisher.

Tafel 47.

Die von der „S. u. H. A.-G.“ ausgeführte *Zentrale der Stadt Pirmasens* zeigt eine fast gleiche Schaltanordnung wie die vorige Tafel und zwar kommen hier auch *zwei Hauptdynamos* D_1 D_2 und ein *Dreimaschinen-Ausgleichs-Umformer* wie vorher zur Verwendung (Patent S. u. H.). Bei der Anordnung der Zusatzdynamo *ZD* ist jedoch auf ein Nachladen der einzelnen Batteriehälften keine Rücksicht genommen, sodaß stets nur die ganze Batterie geladen werden kann. In den Außenpolen der Batterie sind außerdem gegen Überlastung Maximalautomaten *SAmax* angeordnet.

Tafel 48.

Die *Zentrale der Stadt Bonn* ist von der „S. u. H. A.-G.“ nach dem *Dreileitersystem* in der Weise gebaut, daß die *zwei Hauptdynamos* D_1 D_2 mit Außenleiterspannung arbeiten, während eine *Batterie* sowie *Dreimaschinen-Ausgleichs-Umformer* AM_1 AM_2 *ZD* die Spannungsteilung bezw. Ladung der Batterie vornehmen. Für Erweiterung sind noch später zwei Maschinen D_3 D_4 sowie eine zweite Akkumulatorenbatterie vorgesehen, die in der Zeichnung angedeutet sind. Die Hauptmaschinen D_1 D_2 sind, wie bereits erwähnt, auf

die Außenleiter der Sammelschienen $+ 0 -$ parallel geschaltet und werden durch die Schwachstromautomaten *SA* gegen Rückstrom geschützt; die Anordnung des Ausgleichs- und Zusatzumformers ist dieselbe wie in der vorigen Tafel 47. Das Anlassen der vom Netz erregten Ausgleichsmaschinen geschieht durch Anlasser *AW*, welcher hinter dem letzten kurzschließenden Kontakt noch einen solchen für den Nullleiter hat, sodaß ein Einschalter für den Nullleiter in Fortfall kommt. Durch die Hebelausschalter *HA* können die Ausgleichsmaschinen auch ganz vom Netz getrennt werden. Die Zusatzdynamos ZD_1 (ZD_2) arbeiten auf die Sammelschienen parallel, sodaß man mit jeder Maschine auch einzeln später eine beliebige Batterie laden kann. Der zu den Verteilungsleitungen fließende Strom wird durch die Zähler *Z* gemessen. Die Bezeichnungen der einzelnen Apparate sind bekannt.

Tafel 49 *a*, *b*.

Die Tafeln 49 *a*, *b*, welche man sich bei *a*, *b*, *c* verbunden denkt, zeigen das *Schaltschema einer größeren Beleuchtungsanlage im Fünfleitersystem.* (Das Prinzip wurde dem Aufsatze des Herrn Ingen. Koula ETZ. 1898 Heft 48 „Elektrische Beleuchtungsanlagen der Wiener Stadtbahn“ entnommen) und zwar sind auf Tafel 49 *a* die Zentralstation mit der Primären, sowie einer zur Spannungsteilung auf die fünf Verteilungsleitungen dienenden Unterstation, auf Tafel 49 *b* eine weitere Unterstation gezeichnet.

Den Betriebsstrom liefern vier gleich große Dynamomaschinen *HD*, welche derartig miteinander verbunden sind, daß je zwei von ihnen parallel zu den anderen beiden als Dreileitermaschinen auf Null und die Ladehebel *L* zweier als Widerstandsregulatoren der Speiseleitungen dienenden Batterien arbeiten. Die gesamte von der Station erzeugte Energie messen zwei Wattstundenzähler *WStZ.* Die erwähnten Batterien bestehen aus je 20 × 4 Zellen und sind für den Durchgang des ganzen von den Dynamos *HD* erzeugten Stromes bemessen. Die Speiseleitungen werden nun an je eine Schleifbahn der Entladung angelegt, sodaß in jeder derselben durch Zu- oder Abstellen von Zellen die Spannung verändert werden kann. Demgemäß müssen soviel Entladespindeln vorhanden sein, wie Speiseleitungen ins Netz führen. Da die Kontakte für die Entladung von 4 zu 4 Zellen mit der Batterie verbunden sind, herrscht zwischen denselben eine Spannungsdifferenz von je 8 Volt. Der Antrieb der Spindeln geschieht automatisch, sodaß an den Speisepunkten der Unterstationen, von denen Prüfdrähte zu den Voltmetern *V* und zu Kontaktvoltmetern führen, stets gleiche Spannung vorhanden ist. Für den Maschinenbetrieb der Primärstation dienen noch die Ampèremeter *A*, Voltmeter *V*, Schwachstromautomaten *SA*, die Sicherungen *S*, sowie die Nebenschlußregulatoren *NR*, welche zwecks Netzerregung der Magnete entsprechend ver-

bunden werden. Die von dem automatischen Zellenschalter *AZ* (bezw. Spannungsregler *Sp.*) abgehenden Speiseleitungen sind mit Ampèremetern *A* versehen, um jederzeit die Belastung kontrollieren zu können. In der Zentralstation befindet sich ferner eine Unterstation, die durch die Außenleiter-Speiseleitung und den Nullleiter mit der Primäre verbunden ist. In dieser I. Unterstation wird das Dreileiternetz durch die dort aufgestellte Batterie in Fünfleiter verwandelt, was in der in der Zeichnung angegebenen Weise geschieht. Zwei Zusatzmaschinen *ZD*, die mit dem Motor *M* direkt verbunden sind, dienen zum Laden der Batterien. Zum Ausgleich der Belastung ist der Motor *M* auf jede Dreileiter-Netzhälfte schaltbar eingerichtet. Der Vergleich der verschiedenen Spannungen der Verteilungsleitungen geschieht mit den vier Stationsvoltmetern *St V*, von denen jedes der Schaltung entsprechend die Spannungen zwischen je zwei Leitungen angibt; die Voltmeter *VV* messen über Umschalter *VU* die Spannung der Dynamos *DZ* oder diejenige der Ladespannung bei *LL*. *H* sind Hebelschalter, *A* Ampèremeter, *AZ* Ampèremeter mit Stromrichtungszeigung, *S* Sicherungen. Die Zusatzmaschinen werden vom Netz erregt.

Eine weitere Unterstation zeigt Tafel 49b. Die Anordnung der Batterien, der Zusatzmaschinen *ZD*, des Motors *M* und aller anderen Apparate ist genau dieselbe wie in der Unterstation der Zentrale. Die einander entsprechenden Verteilungsleitungen sind durchgehend verbunden, während die von der Primäre kommenden Speiseleitungen an den Außenpolen der Batterien angeschlossen sind. Die Stationsvoltmeter (rechts und links in der Zeichnung) können nach beiden Richtungen der Verteilungsleitungen benutzt werden.

Die Stromabnahme von dem Verteilungsnetz geschieht dann in der unten gezeichneten Art über Sicherungen *S* und Wattstundenzähler *WSZ*. *SchF* ist hierbei ein Schaltfeld, auf welchem die Belastung durch Umschaltung auf die verschiedenen Leitungen genau verteilt werden kann.

Den Tagesstrombedarf liefern die Batterien, die Abends als Puffer und zum Ausgleich dienen.

Tafel 50.

Eine *Fünfleiter-Gleichstromzentrale* ist von der Firma „S. u. H.“ *in Rotterdam* errichtet*).

Beim Entwurf der Schaltung für die Maschinenstation mußte darauf Rücksicht genommen werden, daß sich der Betrieb der beiden Unterstationen sehr verschieden gestaltet, da für die Unterstation *A* der Hauptstromkonsum in die Abendstunden fällt, während die Unterstation *B* tagsüber am stärksten beansprucht ist. Es kann dadurch der Fall eintreten, daß zeitweilig die

*) Siehe S. u. H. Zentral-Anlagen.

Akkumulatorenbatterie der einen Unterstation geladen werden muß, während die der andern parallel mit den Dynamomaschinen der Zentrale Strom ins Netz sendet. Um diesen Forderungen zu entsprechen, sind die Dynamomaschinen D_1, D_2, D_3 und die Fernleitungen nach den Unterstationen mittels Umschalter HU_{1-3} an zwei getrennte Systeme von Sammelschienen angeschlossen, sodaß die Unterstationen sowohl von gemeinsamen Sammelschienen aus, als auch unabhängig von einander mit Strom versorgt werden können. Zur Beleuchtung des Maschinenhauses dient ein Gleichstromumformer, welcher die Sammelschienenspannung 500—700 Volt auf 110 Volt umwandelt. Der Umformer gibt gleichzeitig auch Strom zur Beleuchtung der verschiedenen Gebäude, sowie der sehr ausgedehnten Lagerplätze der Gasanstalt ab. Von der Maschinenstation führen doppelpolige Speiseleitungen zu den Unterstationen *A* und *B*.

Die Entfernung der Unterstation *A* von der Zentrale ist ca. 1900 m, während der Verlust in dieser Fernleitung ca. 7 % beträgt.

Der von der Zentrale nach der Unterstation gesandte Strom kann mit Hilfe der Umschalter *HUB* auf die verschiedenen Sammelschienenpaare und weiter mittels eines ferneren Umschalters entweder auf Ladungen *La* (und Ladehebel *L* der Doppelzellenschalter *DZ*) oder Parallelbetrieb (und Entladehebel *E*) geschaltet werden, für die Entladeseite sind 4 Zellenschalter vorgesehen. Die Zellenschalter für die + — und - - - Mittelleiter haben je 22 Kontakte, die Zellenschalter für die Außenleiter je 48 Kontakte. Die beiden Außenzellenschalter bestehen aus je 2 parallel geschalteten Zellenschaltern. Durch diese Anordnung ist erreicht, daß die Zellenschalter in beiden Unterstationen völlig gleichartig gehalten werden konnten. In der Motorstation ist nun die Kupplung der beiden Außenzellenschalter fortgelassen, aus Gründen, die nachstehend beschrieben sind.

Die Schaltung der Unterstation *B* von der Unterstation *A* unterscheidet sich nämlich dadurch, daß die erstere zwei völlig voneinander getrennte Leitungsnetze für Kraft und Licht hat. Das Motorennetz ist nach dem Zweileiter-, das Lichtnetz wie auch das der Station *A* nach dem Fünfleitersystem ausgebildet. Der Strom für die beiden Netze wird von den beiden unabhängigen Entladehebeln *E* der Zellenschalter entnommen.

Tafel 51.

Die Schaltung einer von der „A. E. G. B.“ ausgeführten *Dreileiterzentrale, bei der Licht- und Kraftnetz getrennt* und die Außenleiterspannung des ersteren gleich der Hälfte der Netzspannung des letzteren ist, gestaltet sich folgendermaßen. In der Zeichnung oben sind die Sammelschienen für Motorenbetrieb, in der Mitte für Lichtbetrieb, unten für Ladung bezw. Parallelbetrieb ange-

ordnet. Die Dynamomaschinen D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, deren Magnete von den Lichtschienen aus erregt werden, lassen sich einmal mit den zweipoligen Umschalthebeln *HU* beliebig auf die Hälften des Kraftnetzes schalten; bleiben die Umschalter *HU* jedoch offen, und werden die zweipoligen Hebelschalter *H* geschlossen, so können die Dynamos entweder auf Ladung der Batterie (*HU* der Batterie nach oben) oder parallel zur Batterie auf das Lichtnetz arbeiten (*HU* der Batterie nach unten). Eventuelle ungleichmäßige Ladung der Lichtnetzhälften, die durch verschiedene Belastung entstanden ist, lassen sich durch das Vertauschen der Stammbatterien in den beiden Hälften mit den zweipoligen Umschalthebeln *HU* erreichen und stehen die Hebel regulär nach oben geschaltet, während bei der Stellung nach unten die Stammbatterien auf die entgegengesetzten Netzhälften arbeiten. Hierdurch wird ein Nachladen der einzelnen Batteriehälften erübrigt. Die Anordnung der Voltmeter *V* und *StV*, Ampèremeter *A*, Stromrichtungszeiger *Str*, Sicherungen *S*, Starkstromautomaten *StA*, sowie die Verbindungen der Maschinen mit den Umschalthebeln *HU* und den Schalthebeln *H* ergibt sich aus der Zeichnung.

Tafel 52 und 53.

Die s. Z. von der Firma „Schuckert" erbaute *Zentrale* der Stadt *Düsseldorf**) besteht aus einer Zentralstation und 3 Unterstationen (Schema 52 bezw. 53). Die in der Zentrale befindlichen Dynamomaschinen *DD*, deren Spannung mit Hilfe von automatischen Nebenschlußregulatoren *Aut. NR* geregelt wird, arbeiten über die Hebelschalter *H*, die Schwachstromautomaten *SA*, die Ampèremeter *A*, die Wattstundenzähler *Z* gemeinsam auf ein Schienenpaar + —. Von diesen führen unter Zwischenschaltung eines Hauptampèremeters *A* die drei Speiseleitungen zu den Unterstationen, und zwar erhält jede Leitung ein Ampèremeter *A*, einen Ausschalter *H*, sowie einen Wattstundenzähler *Z*. Durch diese Anordnung wird eine genaue Kontrolle des jeweilig und insgesamt verbrauchten Stromes jeder Unterstation bewirkt. In den Unterstationen wird das Zweileiternetz durch die dort befindlichen Batterien in Dreileiter verwandelt (Tafel 36). Die Ladung dieser mit je 2 Doppelzellenschaltern ausgestatteten Batterie geschieht von der Zentrale und soll hier speziell auf die Ausführung und Anordnung der automatischen Signal- usw. Apparate Gewicht gelegt werden. Auf Tafel 52 bedeuten von links nach rechts:

1. *LSpVV* Ladespannungsvoltmeter mit Umschalter *UV* für die 3 Stationen. Jedes Voltmeter mißt die halbe Batteriespannung.
2. *VV* Maschinen und Netzvoltmeter; ersteres ist durch *UV* auf jede Maschine schaltbar.

---

*) Vgl. auch: Herzog & Feldmann, „Handbuch d. elektr. Beleuchtung.

3. *ESp VV* Entladespannungsvoltmeter wie ad 1.
4. *R—R* sind Vorschaltwiderstände zu den 3 Laderelais *UR*. Parallel zu ihnen liegen die Voltmeter der Ladung, während sie selbst hintereinander mit je einem Laderelais der + und -- Hälfte einer Batterie geschaltet sind. Die Nullleiter zwischen den zwei Voltmetern und je zwei zugehörigen Widerständen liegen gemeinsam an der Mitte der Batterie. Die zu den Relais gehörigen Signalglocken werden von einer besonderen Stromquelle *El* gespeist. Tafel 53 zeigt in schematischer Weise nochmals die getroffene Anordnung. Die Betätigung dieser Ladespannungs-Kontrollapparate, die natürlich nicht dauernd eingeschaltet sind, geschieht mit Druckknopfschalter *DA* (Tafel 52).
5. Die drei rechts von je einem Ladespannungsrelais (Tafel 52) angeordneten, als Umschalter wirkenden Relais *UR* werden einmal zur Herstellung der Verbindung für die Entladespannungs-Kontrollvoltmeter *ESp V V*, das andere Mal zur telephonischen Verbindung mit den entsprechenden Unterstationen verwendet.

Tafel 54.

Bei den jetzigen häufiger zur Verwendung kommenden Sauggeneratorgasanlagen dürfte eine *Schaltung* von Interesse sein, bei der die *Hauptdynamomaschinen von der Batterie zur Ingangsetzung des Sauggasmotors aus angelassen* werden. Dies geschieht in der vorliegenden Schaltung nicht, wie bereits früher erwähnt, von der Gesamtspannung der Batterie, sondern es werden zum Anlassen der Dynamomaschinen D_1 D_2 nur die im Zellenschalter liegenden Zellen verwendet.

Die Maschinen D_1 und D_2, welche mit Hebelumschalter *U* einzeln oder gemeinsam auf Ladung und Netz oder abwechselnd auf Ladung (*L* des Doppelzellenschalters *DZ*) arbeiten können, erhalten außer den nötigen Meßapparaten und Minimalautomaten *HA* die Nebenschlußregulatoren NR_1, $_2$, wobei die Felderregung so geschaltet wird, daß der —-Pol an den —-Pol der Maschine, der +-Pol jedoch oberhalb der Automaten *HA* an die direkt mit dem +-Pol des Netzes führende Leitung gelegt wird. Will man nun die Dynamo als Motor anlassen, so stellt man den Entladehebel auf die letzte Abschaltzelle (man kann auch zweckmäßig die Anlaßleitung direkt fest mit der letzten bei 110 Volt 21. Zelle verbinden), legt den Umschalthebel *U* der betreffenden Maschine nach unten auf Ladung, wodurch dann die Magnetwickelung bei vorher kurzgeschlossenem Regulator NR_1 oder $_2$ mit voller Batteriespannung erregt wird. Hierauf stellt man den Ladehebel *L* des Doppelzellenschalters *DZ* auf die gleiche Zelle wie *E* und legt den Anlaßumschalthebel auf die Erde unterhalb des Automaten zum +-Pol der anzulassenden Maschine; da

die Zellenschalthebel auf demselben Kontakt stehen, fließt noch kein Strom durch den Anker. Jetzt geht man mit L allmählich von Zelle zu Zelle zurück, bis sich die Dynamo in Gang setzt. Die Stromstärke beobachtet man bei Ampèremeter A. Sobald der Gasmotor zündet, fällt dieselbe und man schaltet die Maschine mit U und U ab. Beim Betrieb als Dynamo muß man zuerst den Minimalautomat schließen, damit sich die Maschine erregen kann, dann dieselbe auf Spannung bringen und zuletzt den Umschalthebel entsprechend einschalten.

Die äußere Ansicht der zu der Schaltanlage zugehörigen Schalttafel ist unten angegeben, wobei Z der den gesamten Netzstrom messende Wattstundenzähler ist. Erwähnt werden muß noch die Umschaltbarkeit der Batterie für Notbeleuchtung, was besonders bei Anlagen für Bankinstitute, Warenhäuser, überhaupt dort, wo eine Unterbrechung der Beleuchtung auch für Augenblicke ganz ausgeschlossen sein muß, vorteilhaft ist.

Tafel 55.

Für das *Elektrizitätswerk Kopenhagen**) hat die Firma „Siemens & Halske“ folgende Anordnung getroffen.

Die Betriebsdynamos DD, deren Magnete vom Netz erregt werden, können mit Hilfe der Umschalthebel HU einzeln oder parallel auf die Schienen des Dreileiternetzes oder in derselben Weise auf die Ladeschienen der Batterie arbeiten. Die Differentialvoltmeter $Dif\,VV$ dienen hierbei zum Spannungsvergleich und zeigen bei gleichen Spannungen zweier Stromquellen vor dem Parallelschalten auf Null. Die an den Ladeschienen liegenden Voltmeter VV geben die Ladespannung der gesamten Batterie an. Letztere ist mit Doppelzellenschalter versehen, um während der Ladung gleichzeitig Strom ins Netz abgeben zu können, und besteht aus vier gleichen Teilen, von denen je 2 und 2 durch Parallelschaltung zu einer Netzhälfte verbunden sind. An der Mitte der Batterie, die am Nullleiter liegt, sind in jeder Seite zwischen diesen und die Batteriepole je ein Ampèremeter geschaltet. Hinter diesen Ampèremetern teilen sich die Batteriehälften in die vorerwähnte Parallelschaltung und befinden sich auf jeder Seite noch zwei Ampèremeter und zwei Hauptstromregulatoren, sowie die Sicherungen. Diese letzteren Ampèremeter dienen dazu, die Belastung der Parallel-Batterien zu kontrollieren; der Ausgleich auf gleiche Stromstärke wird mit den Hauptstromregulatoren HW hergestellt. Im Zellenschalter liegen natürlich alle entsprechenden Zellen parallel. Von den Schienen des Dreileiternetzes führen die Außenleiter-Speiseleitungen über die automatisch regulierbaren Hauptstromwiderstände HW, Ampèremeter AA, . . , die Watt-

*) Vgl. auch: Herzog & Feldmann, „Handbuch d. elektr. Beleuchtung“.

zähler *Z* und Sicherung *S* zu den Speisepunkten des Verteilungsnetzes. Von diesen laufen Prüfdrähte zu den Spannungsrelais der automatischen Regulatoren *HW* der Speiseleitungen, sodaß an den verschiedenen Speisepunkten stets gleiche Spannungen herrschen. Die Nullleiter werden hinter der Verteilung der Speiseleitungen diesen zugeordnet.

Bei Stillstand der Maschinen übernimmt die Batterie den Spannungsausgleich des Netzes, während dieses sonst die Dynamomaschinen *DD* besorgen. Durch die oben erwähnte Schaltung der letzteren ist jederzeit ein Nachladen einer Batteriehälfte möglich, und daher ein genügender Ausgleich geschaffen worden.

Tafel 56.

Die *Zentrale Wiesberg* arbeitet *mit reinem Drehstrombetrieb.*

Die drei Drehstromgeneratoren DG_1—DG_3 von „S. u. H.", von denen jeder 1000 KW. leistet, arbeiten mit 12 000 Volt direkt auf die Sammelschienen. Den verschiedenen Anforderungen — einmal für elektrochemische Zwecke, das andere Mal für Motorenbetrieb — entsprechend bestehen die Sammelschienen aus zwei getrennten Systemen. Die Generatoren DG_1 und DG_2 können mittels der 3 poligen Hochspannungsausschalter *HA 3p* entweder auf das eine oder das andere System geschaltet werden, während DG_3 nur auf das Licht- und Motorenschienensystem arbeitet. Als Erregermaschinen dienen zwei mit Turbinen direkt gekuppelte Gleichstrommaschinen ED_1 ED_2. Dieselben arbeiten auf ein Schienenpaar, von denen die +-Schiene doppelt ist, sodaß die Erregung der einzelnen Maschinen *DG* ganz beliebig von ED_1 oder ED_2 oder beiden zusammen erfolgen kann. Zwischen den beiden +-Leitungen der Erregermaschinen liegen die Sicherungen *S*, welche die Generatoren vor zu starker Stromentnahme schützen sollen; die Glühlampen *Gl* dienen gleichzeitig dazu, anzuzeigen, durch Überlastung welcher Schienen die Sicherung ev. durchgebrannt ist. Die anderen Apparate sind normal wie zu einer Erregermaschine gehörig. Die drei Hauptstromregulatoren HR_{1-3} dienen zur Regulierung des Erregerstroms der einzelnen Generatoren.

Für jeden Generator DG_{1-3} sind über Strom- und Spannungstransformatoren zwei Wattmeter *W* sowie je ein Volt- und Ampèremeter *V*, *A*, angeschlossen, um auch bei sehr ungleicher Belastung in den drei Phasen die Gesamtarbeit ablesen zu können. Der eine Pol einer von einer Phase der Meßtransformatoren abgezweigten Meßleitung ist an Erde gelegt, um eventl. in die Apparate übertretende Hochspannung unschädlich zu machen, während der andere Pol sowie auch der mit Erde verbundene zu einem Phasenvergleicher *Ph Vgl* führen, welcher für die Parallelschaltung der Maschinen dient. Um auch während des Betriebes an einem Teile der Schalttafel Arbeiten

ausführen zu können, sind in jedes Schienenpaar sowie in die Abzweigungen Spannungsausschalter *SpA* eingebaut. Damit nun jedoch die hierdurch eventl. abgeschalteten Verteilungsschienen nicht stromlos werden und außer Betrieb kommen, können dieselben mit dem oben in der Zeichnung gezeichneten Verbindungsschalter auch von dem anderen Schienensystem gespeist werden. Die von den Sammelschienen abgehenden Speiseleitungen erhalten in jeder Leitung ein Ampèremeter *A*, ferner statische Voltmeter *V*, die mit einem Pol an Erde gelegt als Erdschlußanzeiger dienen. Über die Hochspannungsausschalter *HA*, Sicherungen *S* und Drosselspulen *D* zweigt der Strom ins Netz ab, während hinter den Drosselspulen *D* die zugehörigen Hörnerblitzableiter *Bl* über Wasserwiderstände *W* abgezweigt sind.

Tafel 57.

Die von „S. u. H." erbaute *Drehstromzentrale Warnsdorf in Böhmen* besitzt *drei Drehstrommaschinen* DG_{1-3}, welche mit 2100 Volt Spannung arbeiten, und direkt gekuppelte Erregermaschinen E_1—E_3, deren Anker fliegend angeordnet sind, haben. Die Regulierung des Erregerstromes geschieht mittels je eines am Schaltbrett angebrachten Widerstandes NR_{1-3}, der in den Nebenschluß der Maschinen eingebaut ist. Die Erregerstromstärke wird durch Ampèremeter *A* gemessen. Die Anordnung der Apparate Wattmeter *W*, Hochspannungsausschalter *HA 3p*, Sicherungen *S* und Ampèremeter *A* für die Drehstromgeneratoren ergibt die Zeichnung. Die Sammelschienen des Schaltbrettes sind durch 2 Ausschalter in 3 Teile zerlegbar, um auch während des Betriebes eventl. nötige Arbeiten vornehmen zu können. Von der Sammelschiene führen die Speisekabel über Sicherungen *S* und Ampèremeter *A* in das Hochspannungsnetz. Die Speisekabel erhalten außerdem 3 statische Voltmeter *St V* zur Spannungskontrolle der 3 Phasen, ferner einen statischen Erdschlußprüfer *StEp*.

Zum Vergleichen der Phasen beim Parallelschalten der Generatoren dienen die Voltmeter *V* des Phasenvergleichers *Ph Vg* nebst Voltmeterumschalter *VU* und Glühlampen *G*. Der Anschluß dieses Apparates geschieht unter Zwischenschaltung der Meßtransformatoren *MT*.

Tafel 58.

Für die „Compania Madrilena" und die „Electricity Supply Co. for Spain Ltd." erbaute die „Union E.-G." im Jahre 1897 ein gemeinsames *Elektrizitätswerk zur Versorgung der Stadt Madrid* mit elektrischer Energie nach folgendem Prinzip.

Bei der maschinellen Anschaltung der Zentrale fanden *vier Stromerzeuger* G_1—G_4 *nach monozyklischem System* (s. Tafel 5) Verwendung, die bei

50 Perioden und 125 Umdrehungen p. Minute und induktionsfreier Belastung 450 Kw. leisten, und deren Spannung 2040—2200 Volt beträgt. Die zugehörigen Erregermaschinen E_1—E_4 sind mit den Generatoren direkt gekuppelt; die Erregerstromstärke wird durch die Regulatoren *NR* eingestellt, mit dem Ampèremeter *A* gemessen und dem Voltmeter *V* auf Spannung kontrolliert.

Der von den Drehstromgeneratoren erzeugte Strom wird über die Hochspannungssicherungen *S*, Ausschalter *HA3p*, Ampèremeter *A* und Wattmeter *W* zu den Sammelschienen geleitet, welche durch einen Ölauschalter *OA* in 2 Gruppen zu trennen sind; an den Sammelschienen liegen statische Voltmeter *V* zur Erdschlußprüfung. An je einer gleichen Phase der Maschinen G_{1-4} sind Meßtransformatoren MT_{1-4} angeschlossen, deren Sekundärwicklung über Ausschalter zu dem Phasenvergleicher mit den Voltmetern *VV* und den Phasenlampen *PhL* führen. Ein Spannungsvergleich der einzelnen Phasen geschieht über die 3 Meßtransformatoren *MT*, welche an den 3 Phasen liegen, mit Voltmeter *V* und Umschalter *VU*; ein entsprechender Transformator dient auch gleichzeitig mit zur Kontrolle der Phasengleichheit.

Von je einem Teil der Sammelschienen gelangt der Strom über Zähler *Z*, Ausschalter *HA3p* zu 2 getrennten Schienenpaaren für das Beleuchtungsnetz, während die Hilfsphase je einer Maschine zu dem oberen und unteren mittleren Kontakt eines 3poligen Umschalthebels *HU3p* führt; die beiden anderen oben und unten liegenden Umschaltkontakte sind symmetrisch mit den Schienenpaaren verbunden, zu welchen die andern beiden Leitungen der Dynamomaschinen gehen. Die 3 umschaltbaren Kontakte von *HU3p* führen zu einen Ölausschalter *OS* über 3 Hochspannungs-Sicherungen *HS* und über weitere solche 3 zu dem für monozyklischen Betrieb geschalteten Transformator *T* zum Motorennetz usw.

Die mit Hochspannungssicherungen *HS* und Ölausschalter *OS* versehenen einphasigen Lichtspeiseleitungen sind vermittels der 2poligen Hebelumschalter *HU2p* beliebig auf das eine oder andere Schienenpaar zu schalten, sodaß jede gewünschte Verteilung der Energie erfolgen kann.

Tafel 59.

Eine weitere *Schaltung für reinen Drehstrombetrieb* bietet diejenige der von „S. u. H.“ ausgeführten *Zentrale Johannesburg*. Hier fanden zunächst vier *Drehstromgeneratoren* DG_1—DG_4 von 750 Volt Spannung *mit direkt gekuppelten Erregermaschinen* E_1—E_4 Verwendung.

Die Maschinen arbeiten alle auf ein gemeinsames Schienensystem und sind durch Ausschalter H_1—H_4 ein- und ausschaltbar. Die notwendigen Meßapparate Ampèremeter *A*, Wattmeter *W*, Sicherungen *S* sind in jede

Maschinenleitung geschaltet, während die 4 Meßtransformatoren $MT_1 — MT_4$ zu Phasenvergleichern mit Voltmetern *VV*, Glühlampe *Gl*, Umschaltern *U*, *U* führen.

An die Sammelschienen von 750 V sind die Transformatoren *DT* in völliger Parallelschaltung über Sicherungen *S* und Hebelausschalter *HA3p* angeschlossen. Die Transformatoren transformieren die Spannung von 750 auf 10000 Volt und arbeiten auf ein gemeinsames Hochspannungs-Schienensystem über Sicherungen *HS*. Von diesen Sammelschienen führen über kleinere Verteilungstafeln dann die Fernleitungen ins Speisenetz. Zur Spannungskontrolle der einzelnen Phasen dienen Voltmeter $V_1 — V_3$ mit Vorschaltwiderständen *W*.

Tafel 60/61.

Ebenfalls *für reinen Drehstrombetrieb* ist das *Elektrizitätswerk der k. und k. privilegierten Österreichisch-ungarischen Staatseisenbahn-Gesellschaft* von der Firma „Kolben & Co. Prag" erbaut.

Aus dem vorliegenden Schaltungsschema ersehen wir, daß vier Hochspannungsgeneratoren $HG_1 — HG_4$ die Hauptsammelschienen über die Hochspannungssicherungen *HoS* und Hochspannungsausschalter *HoA3p*, sowie Ampèremeter *A* in Parallelschaltung mit Strom speisen können, während die Erregung der Generatoren über Regulierwiderstände $RW_1 — RW_4$ bezw. Hebelausschalter *HA*, Ampèremeter *A* von einem Erregerstromsammelschienenpaar erfolgt, auf welches die beiden Erregerdynamos E_1 und E_2 je nach Bedarf einzeln oder parallel arbeiten; die Leistung jeder dieser Maschinen kann mit entsprechenden Apparaten laut Zeichnung kontrolliert werden.

An eine stets gleiche Phase der Hochspannungsgeneratoren sind Meßtransformatoren $MT_1 — MT_4$ über Hochspannungssicherungen *HoS* angeschlossen; die sekundären Wicklungen dieser Transformatoren führen je über Phasenlampen *Ph* und Ausschalter *HA* zu einem Meßschienenpaar bezw. zu den Kontakten eines Voltmeterumschalters des als Phasenvergleicher dienenden Voltmeters *V*. Über den Meßtransformator MT_5, Voltmeter *V* und Umschalter *VU* stehen die Meßschienen außerdem mit den Hauptsammelschienen in Verbindung, um auch von diesen einen Phasenvergleich vornehmen zu können. Von den Hauptstationen führen Speiseleitungen über Hochspannungssicherungen *HoS* und -Ausschalter *HoA* teils zu den für die zur Speisung der naheliegenden Bezirke dienenden Transformatoren, teils zu den Fernleitungen. Ein Abzweigstromkreis versorgt über die Apparate *HoS, HoA, A* eine Verteilungstafel, an welche die Hochspannungswicklung der 3 Transformatoren *T* angeschlossen ist, die je nach Bedürfnis einzeln oder parallel arbeitend den hochgespannten Strom auf die Gebrauchsspannung für den

lokalen Bedarf transformieren, und zwar auf ein Niederspannungsschienensystem, von dem dann die einzelnen Abzweige ins Verteilungsnetz gehen.

Tafel 62/63.

Das *Elektrizitätswerk Erfurt*, von der „E.-A. vorm. Schuckert & Co.“ nach Entwürfen des Herrn Gisbert Kapp erbaut, ist nach dem System *der Drehstrom-Erzeugung* und *Gleichstrom-Verteilung* eingerichtet.

Die in der ca. 1300 m von der Unterstation entfernten Zentrale stehenden, mit den Dampfmaschinen gekuppelten *Drehstrommaschinen von 3000 Volt* arbeiten auf ein Hochspannungsnetz bezw. auf die in vorstehender Figur beschriebene Umformerstation.

Diese besteht aus *drei synchronen Drehstrom-Gleichstromumformern 1, 2, 3,* die von den Speise-Fernleitungen der Zentrale bezw. den Sammelschienen über Sicherungen *S*, Ausschalter *HA* und Transformatoren, Ampèremeter *A* und Ausschalter für Niederspannung gespeist werden. Die Gleichstromseite von 440 Volt Spannung der Synchron-Umformer ist über Sicherungen + — *S*, Ampèremeter *A*, Stromrichtungszeiger und Starkstromautomat *SAmax* mit der +-Schiene bezw. direkt mit der —-Schiene der Hauptschalttafel verbunden; die Erregung der Umformer erfolgt über die Nebenschlußregulatoren NR_1 NR_2 NR_3 von den Hauptschienen aus. Auf der +-Seite jeder Gleichstrommaschinenleitung ist vor dem automatischen Ausschalter *SA* oberhalb des Stromrichtungszeigers eine zum Umschalthebel *U* führende Leitung abgezweigt, welche dazu dient, die Umformer von der Gleichstromseite bezw. der Batterie oder einen im Betriebe befindlichen Umformer und den Anlaßregulator *AR* in Betrieb zu setzen. Die Einschaltung der Drehstromseite erfolgt dann, nachdem mit Hilfe des Phasenvergleichers *Ph,* Voltmeter *V* und Umschalter *U* Phasengleichheit festgestellt ist. Das an der +-Schiene angeschlossene Gleichstromvoltmeter *V* mit Umschalter *U* dient zur Kontrolle der Gleichstromspannung der Umformer.

Vor zwei oder drei Drehstrom-Gleichstromumformern zweigen von der Niederspannungsseite der Transformatoren Leitungen zu einem dreipoligen Hebelausschalter *HU3p* ab, mit welchem der die Zusatzmaschine ZD_1 ZD_2 antreibende Drehstrommotor *DM* über Sicherungen *S* und Ampèremeter *A* eingeschaltet werden kann. Der Rotoranlasser *RW* dient zum Anlassen des Motors *DM.* Je nach der Belastung der Umformer kann der Motor *DM* daher auf dem weniger belasteten oder ausgeschalteten Transformator eingeschaltet werden. Die zwischen den Außenpolen + — angeschlossene Akkumulatoren-Batterie von 2 × 220 Volt Spannung mit *0*-Leiter in der Mitte hat in den Außenleitern je einen Batterie-Wattstundenzähler $WZ_{1,2}$. Die Batterie ist an den Innenpolen mit automatisch angetriebenem Doppelzellenschalter *DZ*

ausgerüstet. Außerdem geben je ein in jede Batteriehälfte eingebautes Relais mit optischen und akustischen Signalen eventuell zu hohe oder zu niedrige Spannung sofort an.

Die Zusatzmaschinen können parallel oder hintereinander arbeiten und zwar je nach Stellung des zweipoligen Umschalters mit 7 Kontakten sieben verschiedene Funktionen verrichten und zwar die gesamte Batterie oder jede Netzhälfte laden, zum Ausgleich benutzt werden oder direkt auf jede Netzhälfte arbeiten. Die einzelnen Funktionen gehen aus dem Schaltungsschema deutlich hervor. Die zu den Verteilungstafeln führenden Hauptleitungen erhalten Ampèremeter A und Wattstundenzähler Z_3 Z_4. Die einzelnen Speiseleitungen, die zum Verteilungsnetz führen, können mit Ampèremeter A und Ampèremeter-Umschalter AU bezüglich Stromstärke gemessen werden, wobei in jede Leitung ein Meßwiderstand W eingeschaltet ist. Die Anordnung der andern Apparate ergibt die Zeichnung.

Tafel 64/65.

Für die Erbauung des *Elektrizitätswerkes Gersthofen am Lech**) war zu berücksichtigen, daß neben dem hauptsächlich in Frage kommenden *Drehstrom auch Gleichstrom* für die in der Nähe gelegenen Farbwerke geliefert werden mußte. Zur Vermeidung der durch Umformung entstehenden größeren Verluste schritt man zu der folgenden Anordnung der Maschinen- und Schaltanlage, welche von der „E. A.-G. Lahmeyer & Co. Frankfurt a. M.“ ausgeführt wurde.

Die zur Verfügung stehende Turbinenleistung von 6000 PS wird so ausgenutzt, daß von fünf Turbinen zwei Gleichstromgeneratoren D_1 und D_2 von 1000 KW, zwei Drehstromgeneratoren DG_1 DG_2 von ebenfalls 1000 KW sowie von der fünften Turbine gemeinsam auf einer Welle die dritte Gleichstrommaschine D_3 von 1000 KW und der dritte Drehstromgenerator DG_3 von 1000 KW angetrieben werden.

Der dritte Maschinensatz dient als Reserve für beide Stromarten. Hierdurch sind die Anschaffungskosten gegenüber einer Reserve von je einer Maschine für jede Stromart erheblich reduziert. Die 1000 KW Gleichstrommaschinen D_1—D_3 leisten bei 240 Volt Spannung 4200 Ampère, die Drehstromgeneratoren GD_{1-3} bei einem $\cos\varphi = 0{,}8$ und 1250 Kilovoltampère ebenfalls 1000 KW bei 5500 Volt verketteter Spannung und haben feststehenden Anker und umlaufende Magnetpole.

Die Gleichstrommaschinen D_1—D_3 mit Nebenschlußregulatoren NR_{1-3} geben ihren Strom über Sicherungen S, Ampèremeter A und Hebelausschalter HA an die Gleichstromsammelschienen $+$ ab, während die Spannung

*) Näheres s. Z. d. V. D. I. Nr. 30/33 1903.

der einzelnen Maschinen mit Hilfe der vor den Ausschaltern abgezweigten Spannungsmesser *V* verglichen werden kann. Von den Gleichstromschienen geht der Strom einmal über Sicherungen *S* und zwei zur Kontrolle hintereinandergeschaltete Zähler Z_1 Z_2 zu den Speiseleitungen für die Farbwerke (links), das andere Mal über Ampèremeter *A*, Zähler Z_3 und die Sicherungen *S* zu den Erregerschienen, von welchen aus das Feld der Drehstromgeneratoren DG_{1-3} je über Sicherungen *S*, Ausschalter $HA_{(1-3)}$, Ampèremeter *A* und Hauptstromregulator $HR_{(1-3)}$ gespeist wird; die als Magnetausschalter ausgebildeten Hauptstromregulatoren schließen auf dem Kurzschlußkontakt über den Widerstand *w* die Erregerwickelungen von *GD* in sich kurz. Ein an die Erregerschienen angeschlossener Spannungsmesser *RgV* registriert die Spannung, während ein als Erdschlußprüfer geeichtes Voltmeter *W* mit Umschalter *U* zur Kontrolle des eventl. Erdschlusses dient.

Die Drehstromleitungen der drei verketteten Phasen *a a a* führen von jedem Generator, ohne die Schalttafel zu berühren, durch Hochspannungsausschalter $HoA\ 3\,p_{(I-III)}$, Hochspannungssicherungen *HoS* zu zweimal drei Sammelschienen, von denen drei für Licht- und drei für Kraftverteilung bestimmt sind. Alle Meßleitungen (von *m* der Generatoren ausgehend) sind von den Hauptleitungen mit 5000 Volt getrennt und nach dem „Schülerschen" Verfahren angeordnet. Hiernach wird ein kleiner Teil *m* der Ankerspulen jedes Generators von der Wickelung getrennt. Von diesen *„Meßspulen m"*, die mit ihrem einen Phasenende zum Nullpunkt der Ankerwickelung vereinigt sind, gehen alle Leitungen für Meß- und Synchronisierapparate aus. Die im Meßstromkreis abgeschaltete Spannung wird durch je einen kleinen Meßtransformator MT_1—MT_3, der im Übersetzungsverhältnis 1 : 1 gewickelt ist und dessen sekundäre Wickelung mit der Hauptwickelung des Generators in Reihe geschaltet ist, für die Stromabgabe der Maschinen wieder verwertet, während gleichzeitig der Strom der Meßspulen nach Stärke und Phase dem Hauptstrome entspricht. Diese Meßleitungen führen von den Meßtransformatoren MT_{1-3} über Strommesser *A*, Wattmesser *W* und Zähler Z_4—Z_6 zu dem an Erde gelegten zweiten Nullpunkt des Meßstromkreises. Vor den drei Meßtransformatoren zweigen von den drei Phasen Spannungsleitungen *1*—*3*, *4*—*6*, *7*—*9* ab, die einmal zu dritt (nach rechts in der Zeichnung) zu dem Umschalter *VU* für den gemeinsamen Synchronismusanzeiger *SZ*, *VU* abzweigen, das andere Mal (nach links) durch einen dreipoligen Hebelausschalter $HA_{(Ia-IIIa)}$ zu einem 3 poligen Voltmeterumschalter *VU* führen, durch den sie auf je drei der Meßschienen für Licht und Kraft geschaltet werden können, je nachdem die zugehörige Maschine auf die Hauptsammelschiene für Licht oder Kraft arbeitet. An die Meßschienen sind nun die Hauptspannungsmesser *V*, ferner über einen Umschalter *VU* die Phasenlampen (*SZ*) angeschlossen; zwischen Umschalter *VU* und Auschalter $HA_{(Ia-IIIa)}$ ist von den Spannungs-

leitungen noch eine an zwei Phasen liegende Meßleitung für die Zähler Z_{4-6} abgezweigt. An die am Nullpunkt der Meßleitung liegende Erdleitung sind von den Hauptsammelschienen sowohl für Licht als für Kraft drei je an eine Leitung angeschlossene statische Voltmeter V_1 V_2 V_3 abgezweigt. Die Hauptausschalter *HoA* sind mit den Meßleitungsschaltern $HA_{(Ia-IIIa)}$ mechanisch gekuppelt, sodaß dieselben stets zugleich ein- und ausgeschaltet werden müssen.

Tafel 66/67.

Eine in bezug auf Vielseitigkeit recht interessante *Schaltungsanlage*, wobei verschiedene Stromarten, nämlich *Gleich- und Drehstrom* und zwar *verschiedener Spannungen* zur Verwendung gelangen, zeigt die von der „A. E.-G." errichtete *elektrische Zentrale der Stettiner Maschinenbau A.-G. „Vulcan"*.*)

Der Errichtung der Zentrale ging voraus, daß bei der allmählich aber stetig vorschreitenden Erweiterung des Werkes die vorhandene Gasanstalt für den Lichtkonsum nicht genügten und in einzelnen Werkstätten kleine Dynamos für Lichterzeugung aufgestellt wurden, welche von den Dampfmaschinen mit getrieben wurden. Dann wurden versuchsweise transportabele Bohrmaschinen, Hobelmaschinen usw. aufgestellt und als sich diese bewährten, der elektrische Einzelantrieb ausgedehnt, sodaß die kleinen Lichtdynamos bald überlastet waren. Da so auch die Antriebsmaschinen und die Hauptkraftstation die geforderten Leistungen nicht mehr abgeben konnten, konnte nur die Errichtung eines großen Kraftwerkes in Frage kommen. Hier war jedoch reiflich zu überlegen, welches System zur Verwendung kommen sollte.

Für die Kraftübertragung entschied man sich vor allem wegen der Betriebssicherheit und einfachen Wartung der Motoren für Drehstrom, und zwar von einer Spannung von 500 Volt, da bei niedrigerer Spannung das ausgedehnte Leitungsnetz bei ökonomischen Verlusten zu teuer, bei höherer Spannung aber infolge der schwierigen Verlegung der Leitungen die Betriebssicherheit und die Bedienungsmannschaften gefährdet worden wären. Anderseits durfte jedoch für die Leitungen usw. der im Bau befindlichen Schiffe nur Gleichstrom von 110 Volt verwendet werden, da die provisorische Verlegung der Leitungen infolge leichter Beschädigung eine höhere Spannung nicht zuließ.

Schließlich mußte man auch noch auf die vorhandenen Motoren Rücksicht nehmen.

Infolgedessen wurde für die Werftanlagen (Unterhof) Gleichstrom mit 110 Volt, für die Maschinenfabrik (Oberhof) 500 Volt Drehstrom und 220 Volt Gleichstrom gewählt. In der Zentrale wird daher Drehstrom von 500 Volt erzeugt, der mittels rotierender Umformer einmal in Gleichstrom von 220 Volt

*) Näheres vgl. Z. d. V. D. I. 1903 Nr. 4 ff.

für Beleuchtung und Erregung der Drehstrommaschinen für den Oberhof, das andere Mal in Gleichstrom von 110 Volt in einer Unterstation im Unterhof umgewandelt wird.

Die in Sternschaltung gebauten Drehstromgeneratoren DG_1—DG_6 leisten bei 500 Volt Phasenspannung und induktionsfreier Belastung 500 KW. Sie sind direkt mit den Antriebsdampfmaschinen gekuppelt und erhalten ihren Erregungsstrom über Sicherungen *S*, Hauptstromregulatoren HR_1—HR_6, Ampèremeter *A*, Ausschalter *HA* von den Gleichstrom-Sammelschienen mit 220 Volt Spannung. Zur Erzeugung des Gleichstromes dienen im ganzen 7 Umformer von je 76 KW Leistung, von dem zwei im Unterhof (in der Zeichnung nicht angegeben) und 5 in der Zentrale aufgestellt sind; von diesen arbeiten zwei auf 110 Volt, drei (in der Zeichnung nur zwei) auf 220 Volt Gleichstrom. Für das erste Aufladen der dem 220 Netz parallel geschalteten Batterie und zur Reserve für die Erregung ist eine Gleichstrommaschine D_3 auch mittels Kupplung von einer Dampfmaschine anzutreiben, was jedoch in der Zeichnung der Übersichtlichkeit wegen nicht angegeben wurde.

Die Regulierung des Erregerstromes der Generatoren DG_1—DG_6 erfolgt von einer Welle mittels der Hebel der Hauptstromregulatoren automatisch, doch kann auch jeder Regulator losgekuppelt werden und von Hand die Erregung nachreguliert werden, so zB. beim Ingangsetzen der Maschine bis zur gleichen Belastung mit den übrigen. Die gemeinsame Steuerwelle wird durch einen Hilfsmotor *HM* durch magnetische Kupplung angetrieben, während *HM* durch Relais *R* und Kontaktvoltmeter *KV* in der einen oder andern Drehrichtung, je nachdem die Spannung zu hoch oder zu niedrig ist, eingeschaltet wird. Eine Synchronismus-Verbindungsleitung, die über je einen Schalter *a* und Glühlampe *L* zu je einer Maschine, über Voltmeter *V* mit Glühlampe *Gl* zum Kontaktvoltmeter *KV* bezw. zum Voltmeter-Umschalter *VU* des Voltmeters *V* an die Sammelschienen führt, dient zur Kontrolle der richtigen Einschaltung der Generatoren bei Phasengleichheit.

Jeder der Drehstromgeneratoren DG_{1-6} erhält ferner Sicherungen *S*, Ausschalter *HA*, über Stromtransformator angeschlosssene Wattmeter *W*, Voltmeter *V* und Ampèremeter *A*, das mit Umschalter *AU* versehen zum Messen der Stromstärke in jeder Leitung dient. Der Nullpunkt der Wattmeter ist an den Nullpunkt der Maschinenwicklung angeschlossen. Ein Induktionsprüfer einfachster Art *IP* dient zur Prüfung auf Erdschluß.

Von den Sammelschienen mit 3 × 500 Volt wird der Strom zu den Verteilungsschienen des Ober- bezw. Unterhofes geführt und zwar über Registrier-Wattmeter *RW* mit Nullpunktwiderstand NPW_3 und Spannungstransformator ST_3, Ampèremeter *A* mit Stromstransformater ST_1, Wattmeter *W* mit Nullpunktwiderstand NPW_2 und Spannungstransformator ST_2 sowie die Zähler *Z*.

Von den Drehstromverteilungsschienen wird der Strom zu den einzelnen Motorverteilungstafeln in den Werkstätten bezw. zu den Motor-Schienen der Umformer DM_3 DM_4 über Sicherungen S und Ausschalter HA geleitet, die Motoren werden mit den Motoranlassern AW in Betrieb gesetzt. Die Gleichstrommaschinen D_3 D_4 dieser Umformer speisen über die üblichen Apparate die 220 Voltschienen, von wo der Strom wie erwähnt einmal zur Erregung der Drehstrommaschinen, das andere Mal zu den Verteilungsschienen für die ganze Beleuchtungsanlage des Oberhofes geht, bei welcher Lichtschwankungen vermieden werden müssen.

Von den Verteilungsschienen im Unterhof zweigen ebenfalls Speiseleitungen zu den einzelnen Unterverteilungstafeln in den einzelnen Werkstätten bezw. zu den 2 Umformern ab. Für den Anschluß dieser Umformer dient die links in der Zeichnung stehende Anordnung, die jedoch in der Zentrale steht und an diese angeschlossen ist. Die Motoren $DM_{1,2}$ der Umformer werden wie diejenigen $DM_{3,4}$ an die Schienen angeschlossen und die Gleichstromseite mit D_1 D_2 ebenso wie D_3 D_4 an die hier 110 Volt führenden Schienen angeschlossen. Ferner wird von diesen Drehstromschienen ein Motor DM_5 gespeist, der mit der zur Ladung der Batterie dienenden Ladedynamo LD direkt gekuppelt, letztere antreibt. Die Batterie des 220 Volt-Netzes kann mit der einen Hälfte, in welcher der Doppelzellenschalter liegt, derjenigen des 110 Volt-Netzes mit einem doppelpoligen Ausschalter parallel geschaltet werden. Schließlich sei noch erwähnt, daß ein Drehstromgenerator DG_1 nicht mit 220 sondern 110 Volt Spannung erregt wird. Hierzu dient eine besondere direkt gekuppelte Erregermaschine ED oder aber als Reserve durch Umschaltung von U Strom aus den 110 Volt Sammelschienen. Für die Beleuchtung der Schiffe zweigt außerdem noch eine Speiseleitung von den 110 Volt Gleichstromschienen ab.

Tafel 68/69.

Das Stockholmer Elektrizitätswerk liefert *Drehstrom für Motoren und Dreileiter-Gleichstrom für Beleuchtungszwecke.* Die Speisung des Verteilungsnetzes erfolgt von vier Unterstationen, die wiederum von dem Hauptwerk den Strom erhalten. Die Ausführung der Unterstationen ist untereinander ganz gleichartig, sodaß später nur eine solche beschrieben werden soll, und von denen eine direkt im Hauptwerk untergebracht ist.

Die Hauptzentrale nun, das „Wärtawerk", enthält zwei Drehstrom-Hochspannungs-Generatoren $GDG_{1,2}$, deren Erregung von je einer direkt gekuppelten Gleichstromerregermaschine E_1 E_2 über Sicherungen S, Ausschalter HA erfolgt; ein Hauptstromregulator ist nicht vorhanden, da die Erregerstromstärke nur mit Hilfe des Nebenschlußregulators erfolgt. Die Generatoren

arbeiten auf gemeinsame Sammelschienen. Um dies zu ermöglichen, sind über die Meßtransformatoren *MT* die Synchronisirapparate, Voltmeter *V* mit Umschalter *VU* und Glühlampen *Gl* an ein Meßschienenpaar angeschlossen, das wiederum über einen Dreiphasen-Meßtransformator *MT* mit den Sammelschienen in Verbindung steht. Dieser letzte Transformator dient mit dem statischen Voltmeter *V* und Voltmeterumschalter *VU* ferner zur Kontrolle der einzelnen Phasenspannungen. Die Generatoren erhalten über Strom- und Spannungswandler angeschlossene Zähler *Z*, Ampèremeter *A* sowie die nötigen Sicherungen *S* und Ausschalter *HA*.

Von den Hauptsammelschienen zweigt dann zu jeder Maschine eine sowohl in der Zentrale wie in der Unterstation gesicherte und ausschaltbare Speiseleitung ab, in die außerdem ein Ampèremeter geschaltet ist.

An die Verteilungsschienen der einander gleichen Unterstationen sind zB. in der „Katharinastation“ die Motorennetzspeisekabel über Sicherungen direkt angeschlossen, desgleichen die Synchronmotoren *SM*. Die Erregung dieser Synchronmotoren erfolgt von besonderen direkt mit ihnen gekuppelten Erregermaschinen *ED*, die Inbetriebsetzung von den mit ihnen gekuppelten Gleichstrommaschinen *GD* über Anlasser *AW* von der Batterie der Unterstation aus. Zum richtigen Einschalten der in Gang gesetzten Motoren auf das Drehstromnetz bei Phasengleichheit dienen die Synchronisierapparate mit den Meßtransformatoren *MT*, Glühlampen *Gl* und Voltmeter *V*. Ein besonderer Transformator *MT* ist mit Voltmeter *V* zum Spannungsvergleich verbunden.

Die Gleichstrommaschinen *GD* der Umformer arbeiten einzeln oder parallel auf ein Ladeschienenpaar, von denen aus bei geöffneten Hebelschaltern *H* über Sicherungen *S* und Starkstromautomaten *SA*, Doppelzellenschalter *DZ* die Ladung der Batterie erfolgen kann. Nach Ausschaltung der Automaten *SA* und Schließen der Hebel *H* können die Ladeschienen mit dem Außenleiter der Verteilungsschienen verbunden werden, sodaß also die Gleichstrommaschinen direkt in Parallelschaltung mit der Batterie auf das Netz Strom geben. Den Spannungsausgleich besorgt die Batterie. Die übrigen Betriebsapparate ergibt die Zeichnung.

Tafel 70/71.

Das Elektrizitätswerk Charlottenburg, welches 1899/00 von der Firma „E. A.-G. v. Lahmeyer & Co.“ erbaut wurde, ist eine *Drehstrom-* und *Gleichstrom-Zentrale*, bei welcher Gleichstrom für Straßenbahnzwecke, Drehstrom in das Licht- und Kraftkonsumgebiet abgegeben wird.

Wir wollen zunächst über die Anordnung der Maschinensätze folgendes erwähnen. Es sind *vier Drehstromgeneratoren* von 3200 Volt Spannung G_1—G_4

aufgestellt, von denen einer 1160, zwei je 440 und einer 220 Kilovoltampère leisten. Die *beiden Bahnmaschinen* D_1 D_2 arbeiten mit 600 Volt; ihre Leistung beträgt je 440 KW. Zur Erreichung einer zweckmäßigen Reserve für jede Stromart ist eine der 440 KW Drehstrommaschinen mit einer solchen von 440 Volt Gleichstrom auf einer Welle der Dampfmaschine gemeinsam angeordnet, während die übrigen Dynamomaschinen mit je einer zugehörigen Dampfmaschine direkt gekuppelt sind. Ferner sorgen *zwei rotierende Umformer* $DrGl_{I, II}$ von je 75 KW Leistung für die Erregung der Drehstromgeneratoren, für die Beleuchtung der Zentrale sowie den Betrieb der Motoren in derselben. Parallel zu der Gleichstromseite dieser Einmaschinen-Umformer ist die *„Lichtbatterie“* geschaltet. Für die Drehstromseite der Umformer wird die Netzspannung von 3000 Volt durch die Transformatoren T auf 70 Volt transformiert, wobei die Gleichstromseite dann 110 Volt erzeugt.

Zum Ausgleich der Schwankungen beim Straßenbahnbetrieb ist eine *Pufferbatterie* aufgestellt. Der Ladung dieser Batterie sowie derjenigen der Lichtbatterie dient eine durch Motor Dm angetriebene Zusatzmaschine ZD, welche auf jede Batterie umschaltbar ist. Der Drehstrommotor Dm, welcher 100 PS leistet, ist ein asynchroner Motor, welcher mit 3000 Volt Spannung arbeitet.

Die Schaltung der einzelnen Maschinen und Apparate ist nun folgende.

Der von den Erregerschienen kommende Strom wird über ein Ampèremeter und Nebenschlußregulatoren NR_1—NR_4 in das rotierende Feld der vier Generatoren G_1—G_4 geleitet; zum Ausschalten der Erregung dienen die Umschalter U, welche die Erregerspulen in sich kurzschließen, um ein Durchschlagen infolge des in entgegengesetzter Richtung verlaufenden Öffnungsstromes bedeutend höherer Spannung zu vermeiden. Von den Ankerspulen ist eine Meßspule von 50 Volt Spannung (vergl. Tafel 64/65) abgezweigt, die über die Meßtransformatoren MT zu den Meßschienen führt und zwar unter Zwischenschaltung der Meßapparate wie Voltmeter, Ampèremeter usw. Außerdem zweigen von den Meßtransformatoren (nach rechts) Spannungsleitungen ab, die vor dem Meßleitungsausschalter MA, welcher mit den Hochspannungsausschaltern HoA mechanisch gekuppelt ist, zu dem Phasenvergleicher PhV mit Umschalter PhU führen. Da die gesamte Anordnung der Meßleitungen usw. dieselbe wie in Tafel 64/65 ist, verweisen wir hier auf diese und wollen die Einzelheiten übergehen. Die Anordnung ergibt sich übrigens aus der Zeichnung.

Die Hauptleitungen führen nun, ohne die Schalttafel, zu welcher nur die Meßleitungen führen, zu berühren, zu den Verteilungsschienen, die durch einen Ölausschalter in zwei Systeme getrennt werden können. Von diesen Schienen zweigen dann zu verschiedenen Unterverteilungsschienen Leitungen ab, welche dann auf den zuletzt erwähnten Unterverteilungstafeln in das Hoch-

spannungsverteilungsnetz führen. Von den Hauptschienen werden ferner über einen Wattstundenzähler *Wa* die Verteilungsschienen gespeist, an welche die Drehstromgleichstromumformer $DrGl_{I,\,II}$ und der Motor *Dm* des Ladeumformers angeschlossen sind. Die Synchronumformer, welche über Anlasser *AW* usw. von der Gleichstromseite angelassen werden, erhalten Phasenvergleicher *PhL*, um dieselben genau bei Phasengleichheit auf das Drehstromnetz schalten zu können. Die Anordnung der Batterien und der Gleichstrommaschinen usw. bietet keine besonderen Abweichungen von den üblichen Anordnungen, sodaß eine nähere Erklärung sich erübrigt. Die Bezeichnung der einzelnen Apparate ist dieselbe wie bisher und zwar bedeutet: *NR* Nebenschlußregulator, *HA* Hebelausschalter, *S* Sicherungen, *A* Ampèremeter mit Meßwiderstand *W*, *V* Voltmeter, *Wa* Wattmeter, SA_{max} Starkstromautomat, *Gl* Glühlampen, *HU* Hebelumschalter, *DZ* Doppelzellenschalter, *HS* Hochspannungssicherung, *HoA* Hochspannungsausschalter usw.

V. Abschnitt.

Schaltungen von Ladestationen für Akkumulatoren und Umformerstationen.

Tafel 72.

Figur 1. Für häufig wiederkehrende Ladungen von transportablen Batterien für gewerbliche, ärztliche und wissenschaftliche Zwecke wird, sofern die Batterien nicht eine so geringe Stromstärke haben, daß sie mit Hilfe einer oder mehrerer vorgeschalteter Glühlampen von der Netzspannung geladen werden können, die nachstehende *Anordnung einer Ladestation* getroffen.

Es ist angenommen, daß eine Automobil-Batterie an den Anschlußkontakten *AC* geladen werden soll. Die Batterie besteht aus 40 Elementen, hat demnach eine Ladespannung von $40 \times 2 = 80$ bis $40 \times 2{,}75 = 110$ Volt. Die innere Schaltung im Wagen ist derartig, daß die beiden Batteriehälften von je 20 Zellen zur Entladung auf den Motor *M* parallel (Umschalter in der gezeichneten Stellung), zur Ladung jedoch hintereinander (Umschalter in der punktierten Stellung) geschaltet werden können. Die Umdrehungszahl des Motors wird mit Controller *K* reguliert (s. Bd. II. Abschn. 2). *V* ist ein Voltmeter für Entladespannung, *Str* ein Stromrichtungszeiger, *StA* ein Starkstromautomat, *A* ein Stromzeiger und *SS* Sicherungen. In der Anschlußleitung liegt ein Hauptstromregulator *RW*, ein Ampèremeter *A* und ein Kontroll-Voltmeter *V*; mit dem Hebelschalter *H* kann diese Leitung geschlossen werden. Wenn die Ladestromstärke der Batterie 40 Ampère bei einer Ladespannung von 80 Volt beträgt, so müßte der Widerstand von $RW \frac{110-80 \text{ Volt}}{40 \text{ Amp.}} = 0{,}75$ Ohm betragen und gegen Ende der Ladung auf Null sinken. Bei dem Widerstand *RW* von 1 Ohm würde demnach (bei Zehntel-Teilung) der Hebel auf dem dritten Kontakt stehen und das Abschalten einer Widerstandsspirale gleich einem Stromunterschied von ca. 6 Amp. sein (vorausgesetzt gleiche Gegenspannung der Batterie). Erhöht sich die Ladespannung um zB. 4 Volt, so

würde die Stromstärke bei 0,75 Ohm = (110—84) : 0,75 = 34,6 Ampère betragen und bei Abschalten von 0,1 Ohm wieder auf (110—84) : 0,65 = 40 Ampère steigen. *RW* bietet demnach hier, wie auch für die meisten Fälle eine ausreichende Regulierfähigkeit. Natürlich müssen die Spulen wegen der Erwärmung nach der maximalen Stromstärke bemessen sein (s. Anhang Bd. II: Tabelle für Widerstandsdrähte).

Figur 2. Eine weitere *Anordnung einer Ladestation* und zwar für Akkumulatoren für Eisenbahnwaggonbeleuchtungszwecke zeigt das vorliegende Schema. Hier ist für Ladung eine besondere Dynamo D_1 mit Nebenschlußwickelung, Regulator *NR*, Ampèremeter *A*, Sicherungen *S* und Hebelausschalter *HA* vorgesehen. In jedem Ladestromkreis ist ein Stromrichtungsanzeiger *Str*, ein Ampèremeter A_1—A_4 und ein Regulierwiderstand R_1—R_4 eingebaut, welcher dazu dient, die Stromstärke in den einzelnen Abteilungen zu regulieren, daß dieselben bei gleichzeitig beginnender Ladung auch gleichzeitig fertig geladen sind. Wenn dies geschieht, kann die Regulierung der Spannungszunahme bei der Ladung mit der Dynamo vorgenommen werden, wodurch unnötige Verluste vermieden werden, die jedoch entstehen würden, wenn mit stets gleichbleibender Spannung der Dynamo geladen werden würde. Mit Voltmeter *V* und Voltmeterumschalter *VU* können die Spannungen der einzelnen Batterien verglichen werden.

Tafel 73.

Will man zB. eine *500 Volt Bahnanlage* von einer normalen *220 Volt Licht- und Kraftanlage* speisen, so kann man die *Umwandlung der Spannung* folgendermaßen vornehmen: An die Schalttafelschienen der 220 Volt-Anlage werden zwei Motoren *MM* über Sicherungen *SS*, Schalthebel *H*, Anlaßwiderstand *AW* angeschlossen, welche je eine 550 Volt Nebenschluß Dynamo *D* antreiben. Derartige Umformung haben wir bereits früher kennen gelernt. Das Besondere vorliegender Schaltung besteht jedoch in der Verbindung der Dynamomaschinen *D* mit der Batterie bezw. dem Netz. Die Pole von *DD* werden in Parallelschaltung über Sicherungen *SS*, Ampèremeter *A*, Hebelausschalter *H*, Schwachstromautomaten *SA*, mit den gleichnamigen Polen der Schienen für Bahnbetrieb verbunden. Zwischen diese ist ferner eine Batterie *AkkB* als Pufferbatterie geschaltet, welche unter Vermeidung aller Regulierapparate derart mit den Schienen verbunden wird, daß der Minus-Pol über Sicherung *S* an die Minus-Schiene, der Plus-Pol dagegen in der gezeichneten Weise über Sicherung *S*, Starkstromautomaten *StA*, Ampèremeter *A*, Stromrichtungszeiger *Str*, Hebel *H*, dann geteilt um die Magnetschenkel der Dynamomaschinen und von hier an die Plus-Schiene führt.

Die Wirkungsweise dieser wenigen starken Windungen ist nun eine solche, daß bei Mehrleistung der Maschinen, als Netzbedarf vorliegt, d. h. Ladung der Batterie, der die starken Wickelungen durchfließende Strom der Richtung des Nebenschlußstromes entgegengesetzt ist, d. h. entmagnetisierend wirkt; die Maschinen *DD* lassen daher in der Stromlieferung nach, und die Batterie kann nie zu hoch geladen werden; im andern Falle, d. h. wenn die Maschinen einen plötzlichen Mehrbedarf im Netz nicht decken können, fließt der aus der Batterie kommende Strom in gleicher Richtung wie der Erregerstrom um die Magnete, und steigert damit die Leistung der Maschine. Durch die Hebelschalter *HH* kann der Batteriestrom beliebig über je einen oder beide Magnete geleitet werden. Sind beide Maschinen im Betrieb, so teilt sich der Batteriestrom, und jede Dynamo wird in proportionaler Weise zu der geforderten Mehrlieferung herangezogen. Vor dem Parallelschalten wird die Spannung von *DD* zu einander mit Hilfe von Voltmeter *V* in Einklang gebracht, dann die leerlaufende Maschine zugeschaltet, und beide auf gleiche Belastung gebracht. Erst jetzt wird die starke Wickelung eingeschaltet und dann wieder die Belastung mit *NR* reguliert. Schwankungen im Stromverbrauch werden hierauf, wie beschrieben, selbsttätig ausgeglichen, während bei steigendem oder fallendem Konsum die Nebenschlußregulatoren zur Regulierung herangezogen werden müssen.

Der untere Teil der Zeichnung gibt die Verzweigungen auf der Fahrstrecke ab. Näheres hierüber siehe Abschnitt 3. *Z* ist ein Wattstundenzähler, *H* Hebelausschalter, *StA* Starkstromautomaten und *SS* Streckensicherungen für den positiven zum Fahrdraht führenden Pol: der *negative* Pol ist direkt mit den *Schienen* verbunden. Der Grund für diese Verbindungsweise ist der, daß bei umgekehrter Verbindung die auftretenden Erdströme durch die Polarität zerstörend auf benachbarte Rohrleitungen, Telephonkabel usw. wirken.

Hierüber siehe übrigens Anhang: „Vorschriften für Bahnanlagen“.

Tafel 74.

Um *einphasigen Wechselstrom in Gleichstrom zu verwandeln,* bedienten sich die „Akk. Werke System Pollak, Frankfurt a. M.“ folgender Einrichtung.*)

Dieser in der Schaltung wiedergegebene *Gleichrichter GlR* wird von einem Synchronmotor *SWM*, der über Transformator T_2 und Sicherungen *S* sowie *HH* an das Hochspannungsnetz angeschlossen ist, angetrieben. Der Gleichrichter *GlR* ist seinem Wesen nach ein mit der Wechselstromquelle synchron bewegter Stromwender, welcher gleichgerichteten Strom zur Ladung

*) Näheres siehe auch Rühlmann: Grundzüge der Wechselstromtechnik.

von Akkumulatorenbetrieb von Bogenlampen usw. liefert. Es ist also erforderlich, von dem Wechselstrom nur gewisse Abschnitte (halbe Perioden) zu kommutieren und die somit notwendigen Unterbrechungen des Stromes funkenlos zu bewirken. Die Wirkungsweise desselben ist nun folgende. Der aus zwei voneinander isolierten Teilen bestehende trommelförmige Stromwender wird durch den Synchronmotor *SWM* wie erwähnt in Drehung versetzt. Die beiden Hälften des Stromwenders haben die Gestalt von Scheiben, welche einerseits einen Schleifring, anderseits lamellenförmige Ansätze tragen, und sind so versetzt, daß die aufeinanderfolgenden Lamellen abwechselnd, mit der einen und der anderen Scheibe verbunden sind; an den Schleifringen liegen Bürsten auf, die den Wechselstrom vom Transformator T_1 zuführen; von den Lamellen wird der gleichgerichtete Strom abgenommen. Der Nutzeffekt der Gleichrichter ist unter Hinzurechnung der Transformier- usw. Verluste, ca. 94 %, also äußerst günstig. Die Schaltung der Gleichstromseite, Batterie usw. ergibt die Zeichnung. *FlW* ist ein Wasserwiderstand mit Kurzschließer *KS*. *FlW* wird bei Inbetriebsetzungen vorgeschaltet, um den Umformer allmählich auf das Gleichstromnetz zu schalten.

Tafel 75.

Figur 1. *Zur Verwendung von einphasigem Wechselstrom zum Betrieb von Fahrzeugen* benutzt Scones-London einen *Umformer.*

Der Wagen erhält von der Leitung 1 einphasigen Wechselstrom hoher Spannung, welcher durch den Transformator $T_{2/3}$ in niedrigere Spannung verwandelt wird, wobei ein Pol der Hochspannungswickelung an den Schienen liegt. Die Sekundärwickelung 3 des Transformators führt zu dem Wechselstromgleichstromumformer 4, dessen Gleichstromseite die Motoren *M M* speist. Der Umformer 4 ist mit einem kleinen Antriebs-Synchronmotor gekuppelt, bei welchem durch die Batterie *B* die Erregung 6 speist und der zur Herbeiführung des Synchronismus dient. Die Regulierurg der dem Motor zugeführten Spannung geschieht durch Ab- und Zuschalten von Sekundärwindungen des Transformators *T.*

Figur 2. Außer der in Tafel 74 und weiter unten Figur 3 erwähnten Schaltung und Einrichtung zur *Umformung* von *Wechselstrom* bezw. *Drehstrom in Gleichstrom* benutzte man bisher stets rotierende Umformer, bei denen entweder für jede Stromart eine Maschine verwendet wurde, wobei beide direkt gekuppelt waren, oder Maschinen mit einer Erregung, in welcher die Umformung in einem Anker vor sich geht, und die natürlich infolgedessen einen höheren Wirkungkreis besitzen. Schließlich wurde noch als elektrolytischer Gleichrichter (vgl. Tafel 30 Fig. 1) eine Zelle mit Aluminium und

Bleielektroden benutzt, die in die Wechselstromleitung eingeschaltet nur dem in einer Richtung gehenden Strom den Durchgang gestatteten.

Interessant ist daher *der statische Umformer von Cooper-Hewitt**). Das Prinzip desselben besteht im wesentlichen aus der Verwertung besonderer Eigenschaften von Elektroden, welche in einem mit Quecksilberdämpfen von einem bestimmten Verdünnungsgrade angefüllten Behälter eingelötet sind. Unter diesen Verhältnissen wirken dieselben wie elektrische Ventile, welche einem Teil der Wechselstromwelle den Durchgang gestatten, dem andern Teil dagegen nicht. Der betreffende Apparat kann mit dem gewöhnlichen Umformer nur insofern verglichen werden, als er die ursprüngliche Frequenz nicht ändert, indem der pulsierende Gleichstrom dieselbe Frequenz besitzt wie der Wechselstrom, welcher umgewandelt wird. Mit dem elektrolytischen oben erwähnten Gleichrichter hat er nichts gemein, da es hier keine elektrolytische Reaktion gibt. Der Apparat zeichnet sich durch außerordentliche Einfachheit aus und wiegt für ca. 10 KW Leistung nur einige Pfund. Zum Vergleich möge hier angeführt werden, daß ein rotierender Umformer mit gleicher Leistung ein Gewicht von etwa 700 Pfd. (317 kg) besitzen würde.

Am oberen Ende sind 4 Elektroden mit napfförmigen Enden eingelötet, von denen eine nur bei der Inbetriebsetzung verwendet wird, wie später auseinander gesetzt werden soll, während die drei anderen 1, 2, 3 zur Verbindung mit den drei Leitungen eines Dreiphasenstromkreises dienen. Am Boden des Apparates ist eine Quecksilberelektrode angebracht, mit welcher eine Seite des Gleichstromkreises verbunden ist.

In der Schaltung bedeuten 1, 2 und 3 die Stromkreise eines Dreiphasen-Stromerzeugers mit Sternschaltung, dessen Leitungen mit deu Elektroden des statischen Umformers 1, 2 und 3 in Verbindung stehen. Die eine Seite des Arbeitsstromkreises ist, wie oben erwähnt, mit der unteren oder Quecksilber-Elektrode des Umformers verbunden, während die andere Seite mit dem neutralen Punkt der Sternschaltung in Verbindung steht. In den Betriebsstromkreis ist eine Glühlampe bezw. ein Gleichstrommotor oder eine Akkumulatorenbatterie eingeschaltet. Die vierte Elektrode am oberen Ende des Umformers findet nur bei der Inbetriebsetzung Verwendung, wobei sie während eines sehr kurzen Zeitraumes mit einem eine Drosselspule enthaltenden Stromkreis verbunden ist. Beim Inbetriebsetzen wird in der Regel eine höhere Spannung als während des normalen Betriebes erforderlich; dieselbe liefert ein Hilfsstromkreis während einer sehr kurzen Zeitperiode, welche zur Schaffung geeigneter Vorbedingungen im Dampfrohr für den Anschluß an den normalen Stromkreis notwendig ist.

*) Näheres siehe El. World and Eng., 3. 1. 03.

Sehr kurze Zeit nach der Einschaltung des Umformers in den Stromkreis erreicht er eine normale Temperatur, bei welcher er seine volle Tätigkeit entfaltet und ununterbrochen beibehält. Der Betrag an Wärme, welche beim Umformer abzuleiten ist, ist eine direkte Funktion eines Spannungsverlustes von ca. 14 Volt; infolgedessen lassen sich die Dimensionen eines Umformers genau bestimmen, um die einer gegebenen maximalen Belastung entsprechende Wärme fortzuleiten.

Als besondere Eigentümlichkeit ist die Tatsache zu erwähnen, daß der Spannungsverlust zwischen den oberen Elektroden und der Quecksilberelektrode bei allen Belastungen des Umformers nahezu konstant ist. Gegenwärtig beträgt derselbe noch ca. 14 Volt, aber die neuesten Untersuchungen haben die Möglichkeit einer wesentlichen Herabsetzung desselben, und zwar bis auf 6 Volt, ergeben. Bei Annahme eines Verlustes von 14 Volt kann der Wirkungsgrad des jetzigen Apparates auf sehr einfache Weise festgestellt werden. Bei der Ladung von Akkumulatorenbatterien ist der statische Umformer in seiner jetzigen Form direkt verwendbar.

Figur 3. Einen der in voriger Figur bereits erwähnten *elektrolytischen Gleichrichter* bezw. Umformer zeigt diese Skizze.

Die Wirkungsweise des von „*Nodon*“ erfundenen Gleichrichters besteht darin, daß er von der vollen Periode eines Wechselstromes den positiven Teil der Kurve abscheidet, wie alle „Gleichrichter“, die wir bisher besprachen, und so einen zwischen *0* und Maximum pulsierenden Gleichstrom abgibt. Die einzelne Zelle besteht aus je einer in Ammoniumphosphat getauchten Zink-Aluminium- und Eisen-Elektrode und hat folgende Wirkungsweise: Infolge des Stromdurchganges in der positiven Richtung vom Zink-Aluminium zum Eisen bildet sich auf der Zinkaluminium-Elektrode ein dünnes Häutchen von Aluminium-Zinkoxyd, welches dem weiteren Stromdurchgang einen sehr großen Widerstand entgegensetzt. Wechselt nun im nächsten Moment die Stromrichtung, so wird das Häutchen zerstört und der Stromübergang findet statt. Infolgedessen wird der Strom nur in der Richtung vom Eisen zum Aluminium fließen.

Um nun aber die in beiden Richtungen fließenden Ströme voll ausnutzen zu können, verwendet man die in der Figur angegebene „Grützsche Schaltung“. Aus derselben geht hervor, daß man für den zwischen den Zellen liegenden Gleichstrommotor sowohl den ansteigenden wie den absteigenden Strom, wie die Pfeile andeuten, verwenden kann. Der Anlasser *AW* dient zum Anlassen des Apparates, bis das Häutchen sich auf den betr. Elektroden gebildet hat.

Figur 4. Die *Schaltung* unter Anschluß *eines Einmaschinenumformers* — wie dieselben zunächst in Amerika verwendet wurden — ist derartig, daß

diese Synchron-Umformer nie, wie dies früher bei uns geschah, mit Hilfsasynchronmotoren auf Touren und Synchronismus gebracht, auf das Hochspannungsnetz geschaltet werden, sondern dieselben werden fast stets von der Gleichstromseite angelassen, wozu für das erste Mal eine kleine Batterie, später der Netzstrom durch Umformer erzeugt, dient.

Für jeden Umformer sind auf der Wechselstromseite (nicht gezeichnete) Voltmeter, Ampèremeter, Sicherungen, ferner Hauptausschalter und Synchronisierungsapparate vorhanden; auf der Gleichstromseite befindet sich das normale Zubehör eines Gleichstromgenerators, vermehrt um den Anlaßwiderstand, welcher meist für alle Umformer gemeinsam ist und durch einen Umschalter mit je einen verbunden werden kann. Die Erregung der Umformer kann nach Inbetriebsetzen auf die direkt gekuppelte Erregermaschine links ohne Unterbrechung des Stromes umgeschaltet werden.

Tafel 76.

Figur 1. Nachdem wir bereits Tafel 71 Fig. 1 sowie auch früher die Umformung von Gleichstrom auf verschiedene Spannung durch wechselweise Parallel- oder Hintereinanderschaltung von Batterien sowie durch Motoren, die eine Gleichstromdynamo antreiben, kennen gelernt haben, zeigt diese Figur die *Umformung mittels feststehender,* Tafel 77, Fig. 2 und 3 näher beschriebener *Transformatoren.*

Die Drehstromdynamo D, die über den dreipoligen Schalthebel H_3, Ampèremeter A und ein Wattmeter auf das Netz arbeitet, erzeugt Strom von niedriger Spannung und hoher Stromstärke. Dieser durchfließt die dicken Primärwicklungen I, II, III des Transformators T und induziert in dessen sekundären dünnen Wicklungen hochgespannten Strom von niedriger Stromstärke. Letzterer wird über die Hochspannungssicherungen HS, die mit Blitzableitern B versehene Fernleitung, abermalige Sicherungen HS und die dünnen Windungen des in der Sekundärstation aufgestellten Transformators T geleitet, um durch diesen wieder in niedrig gespannten Strom höherer Stärke umgewandelt zu werden. Über die Sicherung S, den dreipoligen Schalter H_3 ist dort ein Drehstrommotor M mit Flüssigkeitsanlasser FlA angeschlossen (s. Bd. II Abschnitt 2), welcher die in der Primärstation aufgewendete mechanische Kraft, unter Berücksichtigung der Höhe des gesamten Wirkungsgrades, wieder abgibt und eventuell durch Verbindung mit einer Gleichstromdynamo Gleichstrom erzeugen kann. Infolge der hohen Spannung und der geringen Stromstärke wird der Verlust in der Fernleitung minimal (näheres siehe Bd. II Abschnitt 1). Über die bei Hochspannungsanlagen geltenden Vorschriften siehe Anhang.

Figur 2. Zur Vervollständigung des Abschnittes über Stromumformung wollen wir noch einer *Schaltung* gedenken, welche von der Firma „Ganz & Co.“ Budapest bei den *Umformerstationen mit Transformatoren von 20000 Drehstrom 3000 Volt bei der Valtellina-Bahn* angewendet ist.

In der Zeichnung bedeutet *HoA* Hochspannungsausschalter, *HoS* Hochspannungssicherungen, *I* Induktions-(Drossel)-Spulen, für Hörner-Blitzableiter *Bl*, *ZS* sind Zinkscheiben des Blitzableiters, *KW* Kohlenwiderstände, *FS* ist die Fahrschiene, an welche eine Leitung des Transformators *T* sekundär angeschlossen ist, um nur zwei Fahrdrähte zu erhalten; die Zahl der Zinkscheiben und Größe des Kohlenwiderstandes richtet sich nach der Betriebsspannung und sind so gestaltet, daß bei atmosphärischem Ausgleich der Betriebsstrom dem Ausgleichsfunken nicht folgen kann, sondern abreißt.

Tafel 77.

Figur 1. Eine *Umwandlung des Stromes, bei welcher* in der Sekundärstation *alle Stromarten* vom Umformer *entnommen werden können*, wurde s. Z. von C. Imhoff vorgeschlagen und sei deshalb der Originalität halber erwähnt, obgleich sich dieselbe praktisch wegen zu reduzierten Wirkungsgrades nicht eingeführt hat.

Die in der Primärstation stehende Wechselstromdynamo *W* erzeugt niedrig gespannten Strom, welcher im Transformator *T* (s. Tafel 77, Fig. 2) in hochgespannten Strom umgewandelt wird; in ähnlicher wie in der in Tafel 71, Fig. 1 geschilderten Weise durchfließt dieser dann die Fernleitung und Transformator *T* der Sekundärstation. Hier wird er in niedrig gespannten Strom höherer Stärke umgewandelt.

Von den Endpunkten der starken Wicklung des Transformators kann daher *einphasiger Wechselstrom* abgenommen werden. Wird nun an die Leitungen des Wechselstromnetzes über die Sicherungen *S*, Hebelausschalter *H* und Anlaßwiderstand *AW* eine gewöhnliche Gleichstromdynamomaschine *UM* in der Weise angeschlossen, daß der Wechselstrom über zwei Bürsten zu den mit zwei diametral liegenden Punkten der Ankerwindungen verbundenen Schleifringen und so in den Anker fließt, so wird die Dynamo als synchroner Motor laufen, da ihre Magnete, die an die Bürsten *NS* angeschlossen sind, infolge der Umformung des Stromes durch den Kommutator (Tafel 1, Figur 1) gleiche Pole beibehalten, und der Anker sich daher in Polwechselzahl und Tourenzahl der Primärmaschine anpassen muß. An den Bürsten *NS*, welche, wie eben erwähnt, die Pole einer Gleichstromquelle darstellen, kann das *Gleichstromnetz* angeschlossen werden, während drei mit um 120° verschobenen Stellen des Ankers verbundene Schleifringe *Drehstrom* abgeben. In der

Figur sind die Leitungen an die betr. Stellen des Kollektors geführt und die Schleifringe der Deutlichkeit halber fortgelassen.

Figur 2 *a*, *b*, *c*. Die Wirkungsweise der *Transformatoren* oder *Spannungs- und Stromwandler*, deren Verwendung wir schon mehrfach kennen gelernt haben, beruht auf dem umgekehrten Dynamoprinzip bezw. Induktionsgesetz (s. Tafel 1, Figur 1). Während dort dadurch Strom induziert wird, daß die Spulen eines rotierenden Ankers ein ruhendes Magnetfeld schneiden, werden hier Induktionswirkungen aus dem Grunde hervorgerufen, weil ein von der primären Spule durch Wechselstrom erzeugtes magnetisches Feld sich bewegt, d. h. der Polwechselzahl des Stromes entsprechend ansteigt und abfällt (Tafel 3, Figur 1) und so induzierend auf die sekundäre Wickelung einwirkt. Die Stärke der hier induzierten elektromagnetischen Kraft ist abhängig von der Stromstärke und Polwechselzahl des Stromes der Primärspule und dem Verhältnis der Windungszahl beider Spulen.

Die schematische Anordnung eines solchen Transformators zeigt Figur 2*a*. Auf einem aus Eisenlamellen, die voneinander isoliert sind, zusammengesetzten Eisenringe sind zwischen den primären die sekundären Windungen angebracht: die vierfache Unterordnung geschieht aus Rücksichten auf die magnetische Streuung. Denken wir uns nämlich die einfachste Art des Transformators als zwei einzelne auf einem Ringe gegenüber angeordnete Spulen, so sehen wir, daß die von der primären Spule am Eisenring erzeugten magnetischen Kraftlinien durch den ihnen in dem Eisen entgegenwirkenden Widerstand hinausgedrängt werden und sich in der Luft zerstreuen. Um diese Streuung nach Möglichkeit zu vermindern, wird der Eisenkern durch die verschiedenen kleinen Windungen in ebensoviele Magnetfelder zerlegt. Zur Vermeidung von Foucaultströmen nimmt man die oben erwähnte Lamellierung des Eisenkernes vor. In dem gezeichneten Falle werden 4 Magnetfelder durch die vier Spulen erzeugt, die Streuung reduziert sich daher gegenüber der Anordnung mit einer Spule auf $^1/_4$, da jedoch die Spulen hintereinandergeschaltet sind und demnach jede auch nur ein viermal schwächeres Feld hervorruft, ist die Gesamtstreuung auf $^1/_{16}$ reduziert. Theoretisch ließe sich diese Verminderung auf einen verschwindend kleinen Bruchteil bringen, doch ist das in der Praxis wegen der dadurch bedingten Konstruktionsschwierigkeiten nicht durchführbar und begnügt man sich hier damit, daß der Verlust auf ca. 2 % heruntergebracht wird.

Es ist nun natürlich für die Induktionswirkung gleichgültig, in welcher Form die Eisenkerne ausgebildet werden, und ob die Magnetspulen von diesen Eisenkernen umgeben werden, oder diese umschließen. Die in letztgenannter Weise ausgeführten Umwandler nennt man *Kern-* (Figur 2*b*), diejenigen ersterer Form *Manteltransformator* (Figur 2*c*). Die Hauptunterschiede beider Arten liegen

in der Verschiedenheit des Eisengewichtes, deren Windungslängen, der Abkühlung und der Zugänglichkeit der Spulen.

Figur 3. Soll nun die *Transformierung* von dreiphasigen Wechselstrom, *Drehstrom,* vorgenommen werden, so ist es einleuchtend, daß wir hierzu einen *dreifachen Transformator* der beschriebenen Art verwenden müssen. Die Schaltung eines solchen zeigt die Figur 3. Die drei übereinander liegenden Wechselstromtransformatoren werden derartig verbunden, daß die Primärverbindungen an einer Seite — dem Drehstromprinzip entsprechend — kurz geschlossen, während die freien Enden an das Netz angeschlossen werden. Ebenso gestaltet sich die Verbindung der Sekundärwindungen (Die Primärspule nennen wir — unabhängig von der Höhe der Spannung — immer diejenige, in welche der das Magnetfeld erzeugende Strom eintritt.) Das Schema entspricht in Bezug auf Anordnung der Spulen und Kerne den älteren Ausführungen der „A. E. G.“. Die Umformung kommt der Wirkungsweise einer Drehstromdynamo gleich, mit dem Unterschiede, daß dort das Magnetfeld ruht und im Anker Dreiphasen-Drehstrom erzeugt wird, während hier das Magnetfeld infolge des Drehstroms rotiert (Drehfeld) und die Induktionsspulen feststehen.

Tafel 78.

Figur 1. Da es vorkommen kann, daß bei einem Transformator T infolge Isolationsfehlers oder Beschädigung der Isolierung eine leitende Verbindung *zwischen Hoch- und Niederspannungsspule* eintritt, *ist ein Übergang* der hohen Spannung aus naheliegenden Gründen *zu vermeiden.* Man kann dies zum Teil durch die Zwischenfügung von Metallplatten, die mit dem Eisenkern verbunden und geerdet sind, erreichen; jedoch ist die von der „Thompsen Houston“ Elektrizitäts-Gesellschaft ausschließlich ausgeführte Anordnung vorzuziehen.

Die Leitungen des Niederspannungsnetzes sind hier mit zwei Metallflächen c, c, verbunden; direkt vor diesen befindet sich durch eine schwache Isolierplatte I aus Glimmer oder dergl. getrennt eine geerdete Metallplatte. Die eventuell in das Niederspannungsnetz übertretende Hochspannung durchschlägt I und schließt dadurch die Sekundärspule kurz: Infolge der anwachsenden Stromstärken in beiden Spulen schmelzen sofort die Sicherungen HS und der Transformator ist außer Betrieb.

Figur 2. *Eine* weitere gleichzeitig *bei Erdschluß wirkende Anordnung* zeigt das Schema. Hochspannungsnetz HN speist über die Hochspannungssicherungen HS den Transformator T und damit das Niederspannungsnetz NN. Die primären dünnen Windungen von zwei gleich kleinen Transformatoren T_1 und T_2 sind hintereinandergeschaltet und die Mitte an Erde E gelegt.

Die sekundären Windungen von T_1 und T_2 sind so angeordnet, daß sich die induzierten Ströme bei gleicher induzierender Kraft gegenseitig aufheben. Sobald jedoch im Netz *NN* ein Fehler entsteht, erhält die eine der sekundären Spulen das Übergewicht über die andere und erzeugt einen Stromlauf, welcher (Fig. 2a) den den Metallhebel haltenden Bleidraht schmilzt. Durch die Feder *Sp* wird der Hebel jetzt geschlossen und stellt eine Verbindung zwischen den Leitungen L_1 und L_2 des Netzes *NN* her, dieselben gleichzeitig erdend; durch diesen Kurzschluß werden die Sicherungen *HS* zum Schmelzen gebracht und *T* mit *NN* abgeschaltet.

Figur 3. Der vom Hochspannungsnetz gelieferte Strom von zB. 1000 Volt wird durch den *Transformator T* in solchen *von* 240 Volt Spannung umgewandelt. Legt man jetzt an die Mitte der Sekundärwickelungen von *T* eine Leitung, so kann man diese als *Nullleiter* eines Dreileiternetzes verwenden; die Spannung in den Netzhälften ist dann 120 Volt, sodaß die Verteilungsleitungen entsprechend einer Dreileiteranlage mit 2 × 120 Volt gewählt werden können (s. Bd. II, Abschn. 1).

Figur 4. Demselben Zwecke dient der im Niederspannungsnetz *NN* liegende *Ausgleichstransformator AT*. Die Anordnung eines solchen wird gewählt, wenn das Niederspannungsnetz sehr ausgedehnt ist. Der Nullleiter braucht hier nicht an *T* geführt werden.

Tafel 79.

Figur 1. Die Aufstellung *von* vorartig beschriebenen *Transformatoren* geschieht zB. für ein *oberirdisches Leitungsnetz* folgendermaßen. In das kleine Häuschen werden die Hochspannungsleitungen isoliert eingeführt und gehen einmal über den dreipoligen Hochspannungsausschalter *HSch* und die Hochspannungssicherungen *HSi* zu den Primärwicklungen des Transformators *T*. Vor *HSch* sind drei Leitungen abgezweigt, die über den Ausschalter *H* zu drei Hochspannungsblitzableitern geführt sind, welche geerdet werden. Auf der anderen Seite des Raumes befinden sich die Niederspannungsapparate. Von den sekundären Klemmen von *T* durchlaufen die Leitungen den Wattstundenzähler *Z*, die Sicherungen *S* und enden an den Niederspannungsschienen; von diesen führen die Leitungen *NN* direkt zu den in der Nähe liegenden Konsumstellen, bezw. Straßenbeleuchtung usw., während das Niederspannungsnetz als Freileitung weiter geführt wird, von welcher die einzelnen Konsumstellen abgezweigt werden. Die Niederspannungsleitungen werden ebenfalls durch Blitzableiter *NBl* gegen atmosphärische Ladungen geschützt.

Figur 2. Für *unterirdische Zuleitung,* die aus zwei- oder dreiadrigen konzentrischen bezw. verseilten Kabeln besteht, ist die innere Einrichtung ähnlich der geschilderten. Die Blitzableiter können fortfallen, die Niederspannungsleitungen sind abschaltbar. Der Konsum kann wie auch im vorigen Falle noch durch ein Ampèremeter A und ein Wattmeter W kontrolliert werden. Hoch- und Niederspannungsapparate sind entfernt von einander aufzustellen.

Tafel 80.

Das *Schaltschema einer größeren Umformerstation mit rotierenden Umformern,* welche hochgespannten Drehstrom in Gleichstrom für Bahnbetrieb umwandeln, zeigt uns die Schaltung der Station der elektrischen Straßenbahn der Stadt Moskau, die von der russischen „E. W. Siemens & Halske“ erbaut wurde. Dem Schema ist die Beschreibung der Station von E. Krannhals, ETZ. 1900, Heft 6 zugrunde gelegt.

Von einem entfernt gelegenen Elektrizitätswerk wird hochgespannter Drehstrom auf die unteren drei Schienen geführt, welcher von dort einmal durch die Zähler Z an die Schienen für das Kraftnetz, das andere Mal zum Transformator T fließt, um hier in Spannung von 120 Volt für Beleuchtungszwecke umgewandelt zu werden.

Dieser umgeformte Strom wird durch die Zähler Z geleitet und auf dem Schaltbrett links verteilt. Ein Stromkreis für Glühlampen-Notbeleuchtung kann hier durch HU_2 auf die Pufferbatterie umgeschaltet werden. Von den Schienen des Kraftnetzes werden über Hochspannungssicherungen S, dreipolige Hebelausschalter H_3, Ampèremeter und Wattmeter die Dreiphasenmotoren nun so angeschlossen, daß der hochgespannte Strom in die Gehäusewicklungen fließt, während der rotierende Anker induzierten Strom niedrigerer Spannung führt. Angelassen wird der Anker über die Schleifringe, Hebelschalter H_3 mit Hilfe des Kurzschließers AW (Bd. II, Abschn. 2). Die Motoren M treiben nun je eine direkt mit ihnen gekuppelte Gleichstromdynamo an, die in der gezeichneten Art auf die Schienen des Straßenbahnnetzes arbeitet. In den Verbindungsleitungen sind SS Sicherungen, H Hebelausschalter, A Ampèremeter, SA Schwachstromausschalter, V Voltmeter. Zu den Maschinen ist eine Pufferbatterie parallel geschaltet, welche sich für gewöhnlich auf gleicher Spannung halten soll; ab und zu wird dieselbe nach Parallelschaltung durch HU unter Benutzung von Ladewiderständen LW aufgeladen (weitere Schaltungen s. Bd. I, Abschn. 3).

Ampèremeter mit Stromrichtungszeiger dienen zur Kontrolle des Lade- bezw. Entladestroms. Die Speiseleitungen für die Strecke gehen von einer über einen Wattstundenzähler W mit den Hauptschienen verbundenen Verteilungsschalttafel ab; $Sp_{1,2,3}$ sind Speiseleitungen, RL Rückleitungen der

Schienen; beide sind gesichert und mit Strommessern *A* versehen; die Speiseleitungen erhalten noch Starkstromautomaten $StA_{1,2,3}$ und Hebelschalter *H*. Die Anbringung dieser ist nötig, damit vor dem Einlegen eines durch Überlastung oder Kurzschluß in Funktion gewesenen Automaten die Leitung abgeschaltet werden kann. Der Automat wird zunächst wieder eingeschaltet und dann der Hebel, damit *StA* sofort wieder funktionieren kann, wenn die Störung auf der Strecke noch nicht beseitigt ist. Geschähe die Handhabung umgekehrt, so würde der bedienende Maschinist infolge der Funkenbildung gefährdet und die Kontakte des Automaten zerstört worden. *I* ist ein optisch signalisierender Isolationsanzeiger (s. Bd. II, Abschn. 6).

VI. Abschnitt.

Schaltungen für Kraftübertragungen auf weitere Entfernungen, Überlandzentralen und Zentralen für Licht- und Kraftabgabe unter besonders schwierigen Verhältnissen.

Tafel 81.

Wir haben in den Abschnitten II und IV Schaltungen für elektrische Zentralen kennen gelernt, bei welchen allerdings jede Schaltung ihre Eigenart hatte, die aber doch — sogar bis auf die größeren Elektrizitätswerkschaltungen — in gewisser Beziehung ähnlich sind, nämlich daß sie zur Abgabe von Strom für Licht- und Kraftzwecke dienen, und zwar für einen oder viele Konsumenten.

In nachstehendem Kapitel sollen jedoch solche Schaltungen beschrieben werden, welche infolge ihrer Eigenart in der Verzweigung und Benutzung, sowie der Erzeugung außergewöhnliche Merkmale aufweisen.

Betrachten wir daher zunächst einige Apparate, welche dazu dienen in Speiseleitungen und Fernleitungen eine besondere Spannungserhöhung zu erzielen. Infolge der bekannten leichten Transformierung von Wechselströmen wird sich eine Spannungserhöhung für einzelne Teile eines Leitungsnetzes bei dieser Stromart am besten bewerkstelligen lassen, während wir bei Gleichstromanlagen entweder die Gesamtspannung erhöhen und die einzelnen Stromzweige (Speiseleitungen) mit Widerständen regulieren, oder zur Schaltung Figur 2 greifen müssen.

Für die Erhöhung der Spannung in Wechselstromanlagen dienen die gleichzeitig von Kapp und Bathy hergestellten *Spannungserhöher oder Booster*.

Figur 1. Das Schema der Kappschen Anordnung zeigt die Figur; zwischen beiden Hauptleitungen S des Netzes wird die primäre Wicklung eines Spannungserhöhers T_1 geschaltet; die eine Hauptleitung führt direkt über die Fernleitung F zu dem Transformator T_2, welcher ein bestimmtes Stromnetz N speist, während die zweite Leitung von S zuerst über die

sekundäre Spule *Sc* des Spannungserhöhers, und einen Hebelschalter, dann über die Fernleitung zum Transformator T_2 gelangt. In der sekundären Spule *Sc* wird jetzt infolge der Induktionswirkung die Spannung entsprechend der Zahl der zwischen die Hauptleitung geschalteten Spulen von *Sc* erhöht. Zur Vermeidung des Kurzschließens der einzelnen Spulenabschnitte beim Übergang des Hebels von Kontakt zu Kontakt muß derselbe mit zwei von einander isolierten Schleiffedern, wie ein Zellenschalter, ausgebildet sein; zwischen den Federn befindet sich ein Widerstand, der beim Überschalten dann mit der Spule in Hintereinanderschaltung liegt und den Kurzschluß verhindert. Bei schwacher Belastung des Netzes *N* steht der Regulierhebel von *Sc* auf *n* = niedrig. Der Strom fließt jetzt über Kontakt *n* direkt zur Fernleitung und hat normale Spannung. Steigt aber der Stromverbrauch im Netz *N*, so wird die Anfangsspannung entsprechend dem entstehenden Spannungsabfall in der Fernleitung erhöht, bis bei maximaler Belastung der Hebel auf *h* steht. Man kann diese Änderung entweder von Hand nach der durch ein Ampèremeter festzustellenden Belastung oder auch automatisch mit einer Hilfs- bezw. Prüfdrahtleitung, die zu einem Kontaktvoltmeter geführt wird, automatisch bewirken. Über die Anordnung der Verbindung eines Kontaktvoltmeters mit einer solchen automatischen Spannungsregulierung siehe Bd. II Abschn. 5.

Figur 1*a*. Da in der vorigen Schaltung die Umschaltung des gesamten durch die Fernleitung *F* fließenden Stromes Störungen herbeizuführen geeignet war, hat G. Kapp die Anordnung getroffen, daß die *Spannungserhöhung* nicht in der sekundären, sondern *in der primären Wicklung des Booster* stattfindet. Das Schaltungschema erklärt sich ohne weiteres nach dem früher Gesagten. Die Wirkungsweise ist nun derartig, daß bei zugeschalteter Spule 1, die jedoch einen solchen Widerstand besitzen muß, daß die Induktionswirkung nicht zu hoch wird und zu starke Erhitzung herbeiführt, die höchste Induktion in der sekundären Spule erzeugt wird, während dieselbe durch Zuschalten der Spule 2, 3 abnimmt. Im ersteren Falle tritt daher die größte Spannungserhöhung ein, im letzteren die niedrigste. Irgend welche Betriebsstörung ist so gut wie ausgeschlossen, da die beweglichen Teile des Apparates nur vom Nebenstrom durchflossen werden.

Figur 1*b*. Die unter Figur 1 und 1*a* beschriebenen Spannungserhöher bewirken die Erhöhung von Stufe zu Stufe; eine genaue Einstellung der Spannung würde daher sehr viele Kontakte und einen umfangreichen Apparat abgeben. Einfacher gestaltet sich daher nach Schema Figur 1*b* ein *Spannungserhöher, bei dem die Regulierung allmählich geschieht und auf der Induktionswirkung* der von *P* zu *P* fließenden magnetischen Kraftlinien *beruht,* welche die auf einem lamellierten Anker sitzende drehbare Spule *Sp* der Hauptleitung je

nach der Stellung beeinflussen. Die Magnete *PP*, die ebenfalls lamelliert sind, werden von einem Nebenschlußstrom der Zuleitung *S* erregt; der eine Leiter des Hauptstromes ist unterbrochen und seine Enden mit den Spulenenden von *Sp* durch biegsame Kabel verbunden. Steht die Spule *Sp* jetzt in der gezeichneten Stellung, so gehen die ganzen Kraftlinien von *P* zu *P* durch dieselbe und die Induktion ist daher die größte; steht die Spule in der gestrichelten Stellung, so wird die Wirkung der Kraftlinien geringer sein, da dieselben z. T. vorbeigehen; in vertikaler Stellung wird gar keine Induktion stattfinden. Wir können daher durch mechanische Stellung der Spule ganz allmählich die Spannung erhöhen und wieder erniedrigen, ohne hierzu Apparate benutzen zu müssen, die der Abnutzung unterworfen sind oder Störungen herbeiführen können.

Figur 2. Bei Gleichstromanlagen geschieht die *Spannungserhöhung* in einer Zweigleitung wie früher erwähnt dadurch, daß man die Gesamtspannung erhöht und den nicht zu erhöhenden Stromkreis durch Vorschaltwiderstände reguliert. Dies System ist aber mit Energieverlust verbunden, daher greift man zur Einschaltung einer Seriendynamo in den Hauptstromkreis, eine Anordnung, die in der Schaltung wie Figur die Firma W. Lahmeyer zuerst verwendet hat.

Diese *Zusatzdynamo ZD* erhält zwei Wicklungen und zwar eine Nebenschlußwicklung *N*, die direkt von dem Netzstrom gespeist wird, und eine Hauptstromwicklung *H*; über diese fließt der durch den Anker geführte Strom in Hintereinanderschaltung in die eine Fernleitung; beide Windungen wirken einander entgegen; dieselben sind in Wirklichkeit natürlich auf beide Schenkel verteilt, während sie in der Zeichnung zum klareren Verständnis getrennt skizziert sind. Die Bemessung der Spulen ist derart, daß bei voller Belastung von *N* sich die Wirkung derselben aufhebt. Die Maschine *ZD* kann jetzt weder Spannung erzeugen noch verbrauchen. Ist die Belastung bei *N* aber kleiner, so wird *ZD* als Motor laufen und mechanische Arbeit leisten können, welche er an die ihn antreibende Transmissionswelle abgibt. Es wird daher in jedem Falle der Spannungsabfall in der Fernleitung je nach der Belastung von *N* reguliert, indem die Überspannung jeweilig durch *ZD* in mechanische Arbeit umgesetzt wird.

Die Maschine kann entgegen der erwähnten Ausführung auch als reine Hauptstrommaschine in die Leitung geschaltet werden und muß dann nach Möglichkeit konstante Tourenzahl gehalten werden. Je nach der Höhe der Stromstärke d. h. dem Verbrauch im Netz wird jetzt durch das hierbei erzeugte stärkere oder schwächere magnetische Feld die vom Anker erzeugte Zusatzspannung steigen oder fallen, sodaß die Dynamo immer eine der Belastung entsprechende Regulierung vornimmt.

Tafel 82/83.

Eine *Schaltanordnung, bei der fast alle* — außer der Wartung der Maschinenanlage — *Betriebsregelungen auf automatischem Wege bezw. mit* den in letzter Zeit sehr beliebt gewordenen *Fernschaltern* geschehen, hat die Firma „Schumanns Elektrizitätswerke“ bei der *Beleuchtungs- und Kraftübertragungsanlage der v. Arnimschen Werke Zeititz b. Wurzen* getroffen.*)

Die Beleuchtungs- und Kraftübertragungs-Anlage des genannten Werkes, welche im Jahre 1901 gebaut wurde, mußte nach folgenden Gesichtspunkten erbaut werden.

In der Ziegelei stand für dieselbe eine Dampfkraft von ca. 30 PS zur Verfügung und wurde daselbst die Zentrale eingebaut. Dieselbe dient für die Beleuchtung der Ziegelwerke (50 Glühlampen und 5 Bogenlampen), der Töpferei (50 Glühlampen), des Rittergutes (50 Glühlampen und 2 Bogenlampen), des Schlosses (120 Glühlampen und 5 Bogenlampen) und ferner für den Betrieb einer Transportbahn, welche die Ziegelei mit der Töpferei und den Ton- und Sandgruben verbindet, für den Betrieb der Töpferei 8 PS, für den Betrieb einer transportablen Zentrifugalpumpe 2,5 PS, für den Betrieb der Wasserversorgung, für das Schloß 1 PS und für den Betrieb einer Tonförderung auf schiefer Ebene 4 PS.

Beim Projektieren der Anlage mußte in erster Linie darauf Rücksicht genommen werden, daß dieselbe allen Anforderungen, welche man an eine gute Anlage stellen darf, entsprach, ohne daß die Anlagekosten dadurch unverhältnismäßig hohe wurden.

In Rücksicht auf die Transportbahn und weil die Aufstellung einer Akkumulatorenbatterie für später unbedingt notwendig erschien, konnte nur Gleichstrom in Frage kommen. Demnach wählte man solchen mit einer Betriebsspannung von 220—240 Volt und stellte in der Ziegelei eine *Kompound-Gleichstrom-Dynamomaschine* mit einer Leistung von 20 KW auf, welche von einer besonderen Dampfmaschine angetrieben wird. Die Hauptschalttafel ist in unmittelbarer Nähe der Dynamomaschine montiert und enthält außer den erforderlichen Meß-, Schalt- und Sicherheitsapparaten noch folgende Apparate, deren Funktion und Zweck an entsprechender Stelle beschrieben werden soll: Einen automatischen Ein- und Ausschalter *SpA*, einen Indikator mit Signalglocke *GlK* und zwei Ausschalter FA_1 und FA_2 für die Betätigung der Fernschalter.

Die Beleuchtung der Ziegelei zweigt von der Schalttafel in üblicher Weise ab. Für die Transportbahnanlage dient eine Kontaktleitung, während die Schienen als Rückleitung benutzt werden und durch besondere Kupfer-

*) Näheres siehe ETA. Nr. 38, 1903.

verbindungen mit einander verbunden sind. Der Bahn- und Kraftbetrieb wird in der Hauptsache mit Beginn der Beleuchtungsperiode eingestellt, sodaß die Bahnleitung dann zur Stromführung für die Beleuchtungsanlage verwendet wird.

Um nun unter allen Umständen an den entfernten Konsumstellen, besonders auf dem Schlosse, ein gutes Licht zu erhalten, ohne teuere Leitungen mit großen Querschnitten verlegen zu müssen, ist auf dem Gute als Unterstation die erforderliche Akkumulatorenbatterie aufgestellt worden, deren Ladung während der Tagesstunden erfolgt, und welche den während dieser Zeit aufgenommenen Strom Abends für die Beleuchtung des Schlosses und als Notbeleuchtung für die anderen Konsumstellen wieder abgibt. Außer den erforderlichen Meß-, Schalt- und Sicherheitsapparaten sind auf derselben noch die folgenden Apparate montiert: Ein automatischer Einfach-Zellenschalter *ZZ*, ein automatischer Reihenschalter *RH*, ein automatischer Ein- und Ausschalter SA_{max} und zwei Fernschalter *FSL*. Die verschiedenen Schaltungen gehen zum Teil vollständig automatisch vor sich oder werden durch Fernschalter bewirkt, wodurch eine besondere Bedienung entbehrlich wird.

Der automatische Zellenschalter bewirkt nicht nur ein Zu-, bezw. Abschalten von Zellen beim Entladen der Batterie, sondern schaltet auch die früher geladenen Regulierzellen selbsttätig ab. Da die Ladung der Batterie mit normaler Betriebsspannung erfolgt, so kann dieselbe nur in zwei Reihen erfolgen und liegt der Zellenschalter mit der Hälfte der Kontakte am +-Pol und mit der anderen Hälfte am —-Pol. Durch diese Anordnung werden stets gleichzeitig zwei Zellen ab- bezw. zugeschaltet und so eine gleiche Anzahl Zellen in jeder Reihe beibehalten.

Die Schaltung der Anlage und das Arbeiten der einzelnen Apparate geht aus der Zeichnung hervor und soll nachstehend besonders erklärt werden:

Ladebetrieb. Durch Ausschalten des Schalters FA_1 in der Zentrale schalten die beiden Fernschalter *FSA* in der Unterstation die Dynamomaschine *CD* durch die Bahnleitung auf die Schienen der Schalttafel und die Batterie parallel zu der Maschine. Durch Einschalten des Schalters FA_2 auf der Schalttafel der Zentrale wird auf der Schalttafel in der Unterstation der Reihenschalter *RH* eingeschaltet, welcher die Batterie in zwei Reihen und diese parallel zu einander schaltet. Durch die Widerstände LW_1 LW_2 wird die zu hohe Ladespannung so weit reduziert, daß die Ladestromstärke keine zu hohe wird. Durch den Reihenschalter *RH* wird gleichzeitig das Kontaktvoltmeter *KV* eingeschaltet, welches bei 2,2 und 2,6 Volt für das Zu- bezw. Abschalten der Regulierzellen Kontakt gibt. Dasselbe ist durch eine besondere, am Zellenschalter angeordnete Schleiffeder so mit der Batterie verbunden, daß stets die Spannung der letzten, vom Zellenschalter eingeschalteten Zuschaltezelle der einen Batteriehälfte auf dasselbe einwirkt.

Da die Zellen vor der Ladung eine Spannung von nicht mehr als 2,0 bis 2,1 Volt besitzen, so gibt das Voltmeter beim Einschalten auf „Ladung“ für eine Bewegungsrichtung des Zellenschalters Kontakt, wodurch die eventuell abgeschaltet gewesenen Regulierzellen eingeschaltet werden. Haben die Regulierzellen die höchste Ladespannung, ca. 2,6 Volt, erreicht, so gibt das Kontaktvoltmeter für die Bewegung des Zellenschalters nach der der vorigen entgegengesetzten Richtung Kontakt und schaltet derselbe die geladenen Zuschaltezellen ab. Die Betätigung des Zellenschalters geschieht unter Vermittlung der Relais *R*.

Sind sämtliche Zellen der Batterie geladen, so schaltet der Zellenschalter sämtliche an demselben liegende Zellen ab und unterbricht beim Abschalten der letzten Zelle den Stromkreis des Reihenschalters, welcher nun die Batterie in Serie schaltet. Gleichzeitig fällt aber in der Zentrale die Signalscheibe des Indikators *Sl* und es ertönt das Läutewerk *K*. Der Maschinist wird dadurch von der beendigten Ladung in Kenntnis gesetzt.

Durch das Umschalten des Reihenschalters in der Unterstation wird ferner ein Kontaktvoltmeter ausgeschaltet und ein zweites eingeschaltet. Letzteres beeinflußt durch die Hilfsapparate *AU* den Zellenschalter für Regulierung auf die Gebrauchsspannung. Durch Einschalten des Schalters FA_1 wird durch den Fernschalter *FSL* die Batterie von dem Leitungsnetz abgeschaltet und die Stromlieferung für alle Konsumstellen der Maschinenanlage überlassen.

Entladung. Soll die Batterie mit der Dynamomaschine parallel arbeiten, so wird dieselbe durch Ausschalten des Schalters FA_1 unter Vermittlung des Fernschalters *FSL* eingeschaltet. Durch den automatischen Ein- und Ausschalter *Spa*, welcher die Dynamomaschine bei normaler Spannung selbsttätig ein- und unter normaler Spannung ausschaltet, wird dieselbe gegen Rückstrom aus der Batterie geschützt. Um die letztere gegen zu hohe Entladung nach den Konsumstellen zu schützen, ist der automatische Ein- und Ausschalter *SA max* auf der Schalttafel der Unterstation montiert. Derselbe besteht aus einem Hauptstrommagneten, durch dessen Windungen der in der Anlage verbrauchte Strom hindurchfließt und zwischen dessen Polen ein Elektromagnet schwingt, an welchem der Kontaktarm befestigt ist. Letzterer ist so ausbalanziert, daß derselbe bei ausgeschalteten Stromkreisen die Einschaltestellung beibehält. Fließt nun der Strom von der Maschine zur Batterie, so bewirkt die gegenseitige Einwirkung der Magnete ein Festhalten des Kontaktarmes in der eingeschalteten Stellung.

Fließt dagegen der Strom in umgekehrter Richtung der Batterie, so wird durch die geänderte Einwirkung der Magnete der Kontakthebel aus der Einschaltestellung herausgerückt und der Strom muß seinen Weg über den dem Schalter parallel geschalteten Widerstand W_1 nehmen, durch welchen ein

so hoher Spannungsabfall erzielt wird, daß die eventuell im Betrieb befindlichen Motoren, oder die Bahnanlagen stehen bleiben. Durch Einwirkung eines Elektromagneten *E*, welcher dem Widerstand W_1 parallel geschaltet ist, wird der Ausschalter so lange gesperrt, bis die Belastung auf die normale Grenze reduziert wird. Der Schalter *SA max* tritt nur dann in Funktion, wenn die Batterie mit der Dynamomaschine parallel arbeitet und letztere stromlos ist, während die Motoren und eventuell die Bahnanlagen eingeschaltet sind. Gewöhnlich liefert die Batterie nur den Strom für die Beleuchtung der Wohnung und des Kessel- und Maschinenhauses.

Tafel 84.

Figur 1. Für *Laboratoriumszwecke* in Schulen und Lehranstalten empfiehlt sich folgende Schaltanlage, welche den Vorzug hat in weiten Grenzen die Spannung regulieren zu können:

Die zur Inbetriebsetzung der Doppeldynamo *DD* nötige Kraft wird von einem mittels Kupplung verbundenen Gleichstrom-Elektromotor geliefert, welcher seinen Strom aus dem Verteilungsnetz einer Zentrale erhält. Da nur sehr geringe Spannungen benötigt werden, wäre die direkte Netzspannung nicht zu verwenden; Widerstände zum Reduzieren derselben wären unökonomisch.

Die Dynamo ist mit zwei Kollekteren versehen und können Stromstärken bis zu 100 Ampère bei 30 Volt entnommen werden, wenn der Umschalter *HU* auf Hintereinanderschaltung steht, dagegen Ströme bis 200 Ampère bei 15 Volt in Parallelschaltung beider Kollektoren. Der Nebenschlußregulator *NR* ist sehr fein unterteilt, um eine Regulierung der Spannung von 4—15 von ½ zu ½ Volt, bei Hintereinanderschaltung von 1 Volt zu 1 Volt zu ermöglichen.

Die Dynamo erhält Sondererregung vom Verteilungsnetz aus. Um nur einen Maschinensatz für die verschiedenen Zwecke zu benötigen, ist derselbe im Experimentierzimmer aufgestellt, im Hörsaal dagegen ein Ampèremeter *A*, Voltmeter *V*, Magnetausschalter und Nebenschlußregulator *NR* angebracht, um jederzeit die Spannung regulieren zu können.

Diese Anordnung ist besonders für Anstalten geeignet, welche Elektrizität zur Wasserzersetzung, Ozon- und Karbiderzeugung und zum Laden von Akkumulatoren benötigen.

Figur 2. Die Anordnung *der Schaltung einer Kraftmaschine mit Antriebs- und Kontrollsystem für elektrische* Kraftübertragung entnehmen wir einer Patentschrift (DRP. Nr. 109208) der „Firma Siemens & Halske A.-G.“.

In denjenigen Fällen der Kraftübertragung, bei welchen ein häufiger Wechsel der Drehrichtung des Motors, zB. bei Aufzügen und bei Antrieb des Steuerruders von Schiffen stattfindet (s. Abschn. 8 und Bd. II Abschn. 3),

soll sowohl der Antrieb des Motors in der einen Richtung, wie sein Festhalten in der gewünschten Ruhelage und sein Antrieb in der andern Richtung (in allmählichem Übergange) durch die Kraftübertragungsorgane selbst bewerkstelligt und gleichzeitig in der Primärstation (Geberstation) die Bewegung des Motors dauernd erkennbar und regulierbar gemacht werden. Der Antrieb des Motors kann dabei sowohl ein positiver, wie ein negativer sein, d. h. der Motor kann durch die Kraftübertragung sowohl angetrieben, wie gebremst werden.

Das zur Erreichung des vorbeschriebenen Zweckes benutzte System ist dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeit an der Motorstation von einem Mehrphasenstrommotor M geleistet wird, dessen beiden mit Mehrphasenstromwicklungen beliebiger, aber gleicher Polzahl versehenen Teilen je ein Mehrphasenstrom zugeführt wird, und daß außerdem Einrichtungen getroffen werden, welche es ermöglichen, an der Geberstation die Periodenzahlen der beiden Mehrphasenströme relativ zu einander zu verändern. Die Schaltung des Motors M muß eine derartige sein, daß die beiden von jedem der beiden Ströme einzeln erzeugten Magnetfelder in gleicher Richtung rotieren. Der Motor steht still und wird zugleich in der augenblicklichen Lage festgehalten, wenn beide Ströme gleiche Periodenzahlen haben; er läuft in positiver oder negativer Richtung bei Verschiedenheit dieser Periodenzahlen, und zwar entsprechend der (algebraischen) Differenz derselben.

Im folgenden ist eine Methode beschrieben, mittels welcher man die Erzeugung der beiden Mehrphasenströme veränderlicher Periodenzahlen so zu bewirken vermag, daß die vorhandene Quelle elektrischer Energie nur die in dem Übertragungssystem wirklich verbrauchte Arbeit zu leisten hat. Als Energiequelle ist eine Gleichstrom-Anlage vorausgesetzt.

Von der Stromquelle + werden zwei gleich große Gleichstrom-Mehrphasenstromumformer angetrieben. Jeder Umformer ist als aus einem Gleichstrommotor M_1 bezw. M_2 mit dem Anker und den Erregerwicklungen N_1 bezw. N_2 und aus einer Mehrphasenstromerzeugermaschine G_1 bezw. G_2 bestehend dargestellt.

Die Gleichstromanker der beiden rotierenden Umformer sind parallel geschaltet und können mittels des Anlassers AW, dessen Widerstand vor beiden liegt, gemeinsam in Gang gesetzt werden. Die Drehstromerzeuger G_1 und G_2 führen mittels der Leitungen I und II die Mehrphasenströme den beiden Teilen des Motors M zu. Um dann die Periodenzahlen der beiden Mehrphasenströme, d. h. die Tourenzahlen der Umformer relativ zu einander zu verändern, hat man nur nötig, die beiden ursprünglich auf gleiche Tourenzahl erregten Motoren verschieden stark zu erregen, indem man etwa gleichzeitig die Erregung des zu beschleunigenden Motors schwächt und diejenige des zu verlangsamenden verstärkt. Zu diesem Zweck sind bei der beispiels-

weise dargestellten Ausführungsform die beiden Erregerwicklungen N_1 und N_2 ebenfalls parallel geschaltet, und den beiden letzteren gemeinsam ist ein Regulierwiderstand R vorgeschaltet, welcher den Geber bildet, und zwar sind die Verbindungen so angeordnet, daß durch Drehung der dauernd mit dem einen Pol der Gleichstromquelle verbundenen Schaltkurbel die Verteilung des vorgeschalteten Widerstands auf die Wicklungen N_1 und N_2 geändert werden kann. Sobald zufolge einer derartigen Änderung der eine Umformer, beispielsweise M_1 G_1, schneller läuft, rotiert der Motor M in einer gewissen, leicht vorher zu bestimmenden Richtung; umgekehrt rotiert M in entgegengesetzter Richtung, wenn die Schaltkurbel nach der entgegengesetzten Seite gelegt wird und nun M_2 G_2 schneller läuft als M_1 G_1.

Tafel 85.

Figur 1 und **2**. Zur Versorgung weiterer Gebiete, besonders in Gegenden, in welchen Kleinindustrie und Landwirtschaft vorherrschen, wird zweckmäßig im Mittelpunkt derselben eine gemeinsame „Überlandzentrale“ errichtet, welche dann mit hochgespanntem Strom die anliegenden Ortschaften und Gehöfte mit elektrischer Energie versorgt. Die Errichtung solcher Zentrale ist natürlich dort besonders vorteilhaft, wo eine vorhandene unbenutzte Wasserkraft geradezu hierauf hinweist.

Unsere Tafel führt uns nun in *Figur 1 die Schaltung der Zentrale,* in *Figur 2 die einer Unterstation* der von der „Helios E. A.-G.“ errichteten *Überlandzentrale Crottdorf* vor.

Zwei Drehstromschwungradgeneratoren G_1, G_2 (erste Ausführung) von je 500 Kilovoltampèreleistung bei 125 Upm und 700 Volt Spannung, sowie 50 sekundlichen Perioden sind mit den sie antreibenden Maschinen (Turbine und Dampfmaschine) direkt gekuppelt, desgleichen die Erregermaschinen E_1 E_2; die Regulierung des Erregerstromes geschieht mit den Nebenschlußregulatoren NR und Magnetregulatoren RW über Sicherungen S und Ampèremeter A. Die Magnetausschalter MA sind so eingerichtet, daß beim Öffnen des Erregerstromkreises die Erregerwicklung der Generatoren über Induktionsspule I kurz geschlossen wird, damit der auftretende Extrastrom schadlos verlaufen kann.

Von den Generatoren G_1 G_2 führt der Strom über Hochspannungssicherungen HoS und selbsttätige Druckluftausschalter zu den Sammelschienen, von welchen derselbe wieder über Sicherungen HoS und Hochspannungsausschalter HoA zu den Speiseleitungen der Transformatorenstationen bezw. Unterstationen (Fig. 2) geleitet wird. Vor den Maschinenausschaltern HoA zweigen über Sicherungen HoS Meßleitungen zu den Meßtransformatoren MT ab; von diesen führen sekundäre Niederspannungsleitungen zu besonderen Meßschienen mit Phasen-

vergleicher, um die Maschinen auf Synchronismus vor dem Einschalten vergleichen zu können. Ein gleicher Meßtransformator verbindet die Meßschienen auch mit den Hauptsammelschienen. Für die Induktionsmessung dient ein kleiner Transformator, dessen Phasen primär in Sternschaltung verkettet sind, während der neutrale Punkt mittels eines Ausschalters an Erde gelegt werden kann. Die sekundären Spulen sind in Dreieckschaltung verbunden, wobei ein Eckpunkt aufgeschnitten ist. Parallel zu jeder Phase liegt eine Glühlampe, zwischen den beiden Öffnungspunkten ein Voltmeter. Will man die Isolation prüfen, so legt man den Nullpunkt der Primärwicklung durch den Schalter an Erde, worauf bei vorhandenem Erdschluß die zu der entsprechenden Phase gehörige Lampe dunkler brennt, während das als Isolationsmesser gerichtete Voltmeter entsprechend der Größe des Erdschlusses ausschlägt.

Die Unterstationen werden zweckentsprechend so eingerichtet, daß in den Orten, wo eine gleichmäßige Energieabnahme zu erwarten stand, für Kraft-Lichtzwecke ein gemeinsamer Transformator aufgestellt wurde, während man dort, wo besonders mit einer wechselnden Kraftentnahme gerechnet werden mußte, für das Licht- und Kraftnetz getrennte Transformatorenstationen vorzog. Ferner mußte man berücksichtigen, daß auch am Tage eine Ausnutzung der vorhandenen Kraftmaschinen ökonomisch ist, weshalb man sich zur Aufstellung von Umformern und Batterien, die am Tage geladen werden, für größere Ortschaften entschied. Da hier infolgedessen die Beleuchtung mit Gleichstrom geschieht, konnten auch die Aggregate kleiner genommen werden, weil die in der Batterie aufgespeicherte Energie Abends mitbenutzt wird.

Die Schaltung in einer solchen Umformerstation (Fig. 2) ist nun derartig, daß der hochgespannte Strom durch den Transformator *T* in solchen niederer Spannung umgewandelt wird, worauf derselbe einmal in das Kraftnetz, das andere Mal zu den Umformern geführt wird. Diese bestehen aus Asynchron-Drehstrommotoren *DM*, die mit den zugehörigen Gleichstromdynamomaschinen *D* bezw. *ZD* direkt gekuppelt sind. Dynamo *D* arbeitet auf das Netz, während *ZD* nur zur Aufladung der Akkumulatorenbatterien dient. Die Anordnung der Apparate usw. ergibt das Schema.

Tafel 86/87.

Wesentlich vielseitiger und dementsprechend verwickelter sind die neueren *Hochspannungszentralen* und Unterstation *in amerikanischen Großstädten bezw. großen Kraftverteilungsgebieten**). Hier hat sich herausgestellt, daß es äußerst

*) Näheres siehe Moderne Hochspannungsanlagen v. W. Blank, ETZ. Nr. 31. 03 u. ff.

unvorteilhaft ist, in mehreren Bezirken kleinere Maschinenstationen zu errichten, weil dieselben infolge schwieriger Wasserverhältnisse z. T. ohne Kondensation arbeiten müssen und außerdem in den Reservemaschinen und den nur während der Periode des Hauptlichtbedarfs verwendeten Maschinensätzen ein totes Kapital liegen haben. Deshalb war es bedeutend vorteilhafter unter Beibehaltung der Maschinen für den Tages- und mittleren Konsum während der Hauptbeleuchtungsperiode den aus einer großen Zentrale gelieferten Strom umzuformen.

Von diesen Gesichtspunkten aus ist u. a. auch *das der „Chicago Edison Company" gehörige Elektrizitätswerk* erbaut worden.

Der größte Teil des Stromes wird nach dem Dreileitersystem mit Gleichstrom direkt von der hier sehr günstig gelegenen Zentrale verteilt.

Die Übertragung der Drehstromenergie geschieht mit solcher von 25 Perioden infolge der Vorzüge der rotierenden Umformer für Gleichstromdreileiter bei niedriger Polwechselzahl, zumal diese den Motorgeneratoren infolge des günstigeren Wirkungsgrades überlegen sind. Ein weiterer Grund für die Verteilung der elektrischen Energie mit Drehstrom von 25 Perioden liegt darin, daß die mit 5—600 Volt Gleichstrom gespeisten Bahnanlagen einen wesentlichen Strombedarf repräsentieren.

Für die weitergelegenen Außenbezirke, die nur einen minimalen Prozentsatz der gesamten Leistung ausmachen, erfolgt die Kraftverteilung mit Drehstrom von 60 Perioden mit neutralem Leiter durch Motorgeneratoren.

Die Zentrale von 22000 PS Gesamtleistung kann abgeben:

5600 KW	Gleichstrom 2 × 150 V		Hauptmaschinen.
3300 „	Gleichstrom 2 × 150 = 300 V Drehstrom von 180 V	oder	Hauptmaschinen.
5500 „	Drehstrom 9000 V		Hauptmaschinen.
250 „	Gleichstrom 300 V Drehstrom 180 V		Umformer.

Hieraus ergibt sich, daß die Gleichstromdrehstrommaschinen neben den reinen Gleichstrommaschinen einen wesentlichen Teil der Gesamtleistung bilden, was daraus hervorgeht, daß die Hauptbelastung der Drehstrommaschinen nicht gleichzeitig mit der Hauptabgabe mit Gleichstrom zusammentrifft, sodaß beide Maschinenarten voll ausgenutzt werden können.

Die Schaltung einer derartigen Drehstromgleichstrommaschine DG_1 wollen wir hier nun näher betrachten. Die Maschine DG_1 von 5000 PS Kraftaufnahme macht 75 Upm und leistet normal 2500 KW bei 300 V Gleichstrom oder 185 V Drehstrom mit $\cos\varphi = 0,85$, kann aber 25% überlastet werden. Der Nutzeffekt beträgt bei $^1/_1$ Belastung 94,5%, bei $^3/_4$ 93,5%, bei $^1/_2$ 91%, die höchste Spannungsänderung bei gleichbleibender Erregung 16%.

Die Felderregung *FM* der Maschine DG_1 wird von den Gleichstromsammelschienen $+0-$ über Hauptstromregulator *HR*, Ampèremeter *A* und Hebelausschalter *HA* entnommen: letzterer schließt über Induktionsspule *1* beim Ausschalten die Feldmagnetwicklung *FM* kurz, um ein Durchschlagen durch den Extrastrom zu verhüten. Die Gleichstromseite der Maschine ist nun über Sicherungen *SS*, Ampèremeter *A* (mit Anschlag nach beiden Seiten) und Hebelumschalter *HU* entweder auf die Hauptsammel- oder Hilfsschiene schaltbar. Die sechs Schleifringe der Drehstromseite führen nach Durchgang durch die magnetisch kontrollierbaren Ausschalter *MAS* zu einem Induktionsregler *IR*, welcher in der Zeichnung der Deutlichkeit halber größer wiedergegeben ist. Derselbe hat den Zweck, durch Drehung des Primärfeldes *PF* die den Schleifringen entnommene Spannung um 12% nach oben oder unten zu verändern, sodaß man ohne Änderung der Erregung und der Spannung der Gleichstromseite die Spannungsverluste der Drehstromseite ausgleichen kann. Die Betätigung von *IR* erfolgt mit Schneckengetriebe durch einen vom Schaltbrett zu steuernden kleinen Drehstrommotor.

Nach Passieren von *IR* wird der Strom zu Transformatoren geführt, welche in Gruppen von drei Einphasentransformatoren *1*, *2*, *3* angeordnet sind und deren Niederspannungsseite zwei getrennte Spulen hat, sodaß hierdurch eine doppelte Dreieckschaltung (s. Skizze unterhalb der Transformatoren) erzielt wird. Die Primärspulen sind ebenfalls in Dreieckschaltung verbunden. Von den Transformatoren geht der Strom mit 9000 Volt Spannung über Sicherungen *S*, Hochspannungsölausschalter *HoA* und unter Strom nicht schaltbaren Hebelumschaltern *HU* zu zwei getrennte Sammelschienensystemen, welche jedoch durch den Verbindungsölausschalter *VOA* untereinander parallelgeschaltet werden können. Diese erwähnten, sowie auch die später angegebenen Hochspannungsölausschalter werden vom Schaltbrett aus durch Solenoide und Kontaktausschalter *SolKA* bedient.

Über Stromtransformator *StT* und Spannungstransformator *SpT* sind Wattmeter *W*, Phasenindikator *Pi*, beide mit Nullpunktwiderständen *NPW*, Ampèremeter *A* angeschlossen. Ferner führen zwei Spannungsleitungen über Synchronismusanzeiger *SyA* zu drei Meßschienen, von denen die mittlere ständig mit der gleichen Spannungsleitung verbunden ist, sodaß der eine Pol von *SyA* beim Einschalten über Schiene *2* und *3* die Phasengleichheit kontrolliert.

An die Maschinen sind, wie schematisch angedeutet, die üblichen Phasenlampen der Generatoren G_1 G_2 angeschlossen, außerdem noch die im folgenden näher beschriebenen Lincolnschen Synchronisierapparate *SS*, *SS*, welche dieselben sind, wie der oben erwähnte *SyA* bezw. der (rechts oben) gezeichnete *SchA*. Ein solcher gibt genaue Phasengleichheit an, indem er eventl. zeigt, ob die einzuschaltende Maschine zu schnell oder zu langsam läuft, und

markiert auch die Geschwindigkeitsdifferenz derselben. Das Anzeigen des Apparates geschieht durch einen rotierenden Zeiger, der durch seinen Winkel zur Vertikalen immer den Phasenwinkel der parallel zu schaltenden Maschine angibt, wobei ein Rechts- oder Linksdrehen das Voreilen oder Zurückbleiben bedeutet und eine volle Umdrehung den Gewinn oder Verlust einer Periode anzeigt.

Der Apparat *SchS* besteht nun aus einem Wechselstromfeld *F* und einem drehbaren Spulenpaar *Sp* und Sp_1, die aufeinander senkrecht stehen. Durchfließen nun die Ströme *F* und *Sp* in gleicher Richtung, so bestrebt sich das Feld von *Sp*, sich parallel zu dem von *F* zu stellen, bei entgegengesetzter Richtung in *Sp* wird sich die Spule daher um 180° drehen. Wird nun statt dieser Umkehrung zwischen *F* und *Sp* eine Phasenverschiedenheit bei gleicher Feldstärke auftreten, so kommt *Sp* bei einer Phasenverschiebung um 90° in eine neutrale Lage, in welcher sie von einer anderen Kraft beeinflußt eine beliebige Lage annimmt. Infolgedessen ist die Spule Sp_1 auf *Sp* senkrecht stehend angeordnet und auf derselben Achse befestigt; fließt nun durch Sp_1 ein Strom, der zu *Sp* um 90° verschoben ist, so wird Sp_1 sich so stellen wollen, daß sein Feld parallel zum Feld von *F* liegt, was auch möglich ist, da *F* ja auf die bei 90° Phasenverschiebung neutrale Spule *Sp* keinen Einfluß ausübt. Hieraus ist zu sehen, daß bei fortschreitender Phasenverschiebung in der einen oder andere Richtung das Spulensystem eine entsprechende fortgesetzte Drehung mitmachen wird und daher immer entsprechend die Phasenverschiedenheit der beiden Maschinen anzeigt. Der Anschluß der Spulen *Sp* und Sp_1 erfolgt über Induktionswiderstand *ISp* und induktionsfreien Widerstand *Gl* (Glühlampe).

Die an die Meßschienen angeschlossenen Generatoren G_1 und G_2 sind, wie erwähnt, nur schematisch angedeutet, wobei *SpT* die Spannungstransformatoren sind, von denen zwei zu gleichen wie oben beschriebenen Synchronisierapparaten *SS* führen, während die dritte Leitung *zW* zum zugehörigen Wattmeter geht.

Die Schaltung in Verbindung mit den Sammelschienen eines weiteren *Drehstromgenerators* DG_2, welcher 3500 KW bei 9000 Volt Spannung und 75 Upm leistet, ist links unten in der Figur angedeutet. Die Erregung der Feldmagnete *FM* geschieht in gleicher Weise wie bei GDG_1 über *HR*, *A* und *HA* mit *I* vom Gleichstromnetz. Die neutrale Leitung des Generators ist an Erde gelegt, die drei Hauptleitungen führen über zwei hintereinander geschaltete Hochspannungsausschalter *HoA* und weiter über einen stromlos umschaltbaren Hebelumschalter *HU* zu einem beliebigen der beiden Sammelschienensysteme. Die Betätigung der Ausschalter *HoA* erfolgt wie früher durch Solenoide mit Umschalthebeln *HU* mit Hilfe von Gleichstrom, der den Sammelschienen entnommen wird. (Die nähere Beschreibung eines solchen

Apparates folgt unten.) Die Meßapparate sind in der bei GDG_1 geschilderten Art angeschlossen, wobei wieder zwei Spannungsleitungen über Synchronisierapparate *Sy* und Glühlampen zu den Meßschienen führen.

An diese Meßschienen ist außerdem noch ein gleicher Synchronisierapparat *SchA* (nur angedeutet) angeschlossen, um eine Phasenvergleichung mit den zur Umformerstation führenden Speiseleitungen vornehmen zu können. Die Speiseleitungen sind (unten rechts in der Figur) durch Hochspannungsölausschalter *HoA* (wie die früheren *HoA*) abschaltbar und können mit Hebelumschalter *HU* auf eins der beiden Sammelschienensysteme geschaltet werden. Ferner erhalten sie über Spannungs- und Stromtransformatoren (*SpT* und *StT*) angeschlossene Wattmeter *W* und Ampèremeter *A* zur ständigen Kontrollierung des Strombedarfs.

Eine interessante Anordnung in den Speiseleitungen ist die Verwendung von *Maximalrelais,* die nicht wie Maximalautomaten bei plötzlicher Belastung, sondern nur bei dauernder Überlastung oder anhaltendem Kurzschluß in Wirksamkeit treten.

Die Maximalstromrelais *Str Rl Rl* sind durch Stromtransformatoren *StT* an die Speiseleitung angeschlossen. Bei zu hohem Stromdurchgang durch die Leitungen steigt auch die induzierte Stromstärke in den Solenoiden und zieht den darin befindlichen Anker nach oben, wodurch die Kontakte *C* bezw. C_1 verbunden werden. Hierdurch wird der Erregungsstrom einer im Zeitschalter befindlichen elektromagnetischen Kupplung geschlossen, sodaß der kleine im Zeitschalter im Betriebe befindliche Motor jetzt die Kupplungswelle mit Kontaktstück antreibt. Hierdurch wird nach ca. 5—10 Sekunden nach Schließung des Relais *StrRl* der Hochspannungsölausschalter geöffnet, indem der Strom das Öffnungsrelais (rechts) des Kontaktschalters Rl_1 passiert und eine Verbindung der Kontakte C_3 veranlaßt. Der mit *HoS* in mechanischer Verbindung stehende Begrenzungsschalter, der mit C_4, C_5 den Solenoidstrom unterbricht bezw. umschaltet, setzt gleichzeitig eine rote oder grüne Lampe in Betrieb, welche am Schaltbrett neben dem zugehörigen Solenoidkontaktschalter sitzt, um sofort sehen zu können, ob der Schalter offen oder geschlossen ist.

Eine Speiseleitung, wie in der Figur angegeben, führt uns zB. zu der auf

Tafel 88/89

gezeichneten *Unterstation für Gleichstrom-Dreileitersystem.*

Die gezeichneten aus der Zentrale kommenden 3 Speiseleitungen können vom Schaltbrett aus mit Solenoidkontaktschalter und wie früher durch die Hochspannungsölschalter $HoA_{1,2,3}$ ein- und ausgeschaltet werden und arbeiten auf je ein Schienensystem, die wiederum durch drei Maximalstromzeitausschalter

MaxTHoA (wie Tafel 86/87 unten rechts) voneinander getrennte bezw. miteinander verbunden werden können. An dies Schienensystem sind nun zunächst über *HoA* (mit Solenoidkontaktschalter) drei in Dreieck geschaltete Einphasentransformatoren $Tr_{1,2,3}$ (Tafel 86/87) und *Induktionsregler IR* (Tafel 86/87) der *Drehstromgleichstromumformer* $DGUf_1$ angeschlossen. Der erwähnte Hochspannungsausschalter *HoA* erhält ebenfalls Maximalauslösung (die jedoch da bekannt nicht gezeichnet). Außerdem kann der *HoA* auch durch das Wechselstromreversier-Relais *WRvRl* indirekt über das Solenoid ausgeschaltet werden, indem infolge Drehung des kleinen Ankers von *WRvRl* die Kontakte *CA* geschlossen werden. Dies geschieht, sobald bei Schadhaftwerden eines Speisekabels oder dgl. der Umformer von der Gleichstromseite angetrieben wird, und zwar in folgender Weise. Im Magnet *M* ist ein Anker drehbar, der nur eine Spule besitzt und daher bei gleichbleibendem Feld feststeht. Das Feld wird erzeugt durch Spannungspule *Sp* und Stromspule *St*, die über die Transformatoren *SpT* und *StrT* an die Zuleitung von $DGUf_1$ angeschlossen sind und deren Wirkungen sich normal aufheben. In der Spannungsspule liegt noch ein Induktionswiderstand *I*. Wird nun beim Rückstrom die Stromwirkung geändert, so wird sich die Spule infolge Aufhebung des neutralen Feldes rechtwinklig zu den Kraftschienen stellen und so die Kontakte *CA* schließen.

Die Drehstromseite des Umformers hat ferner Wattmeter *W*, Phasenindikator *PI*, beide mit Nullpunktwiderstand über Stromtransformator *StrT* angeschlossen. Die Synchronisierungs-Hilfsschienen sind über Transformator *SpT* mit den Verteilungsschienen und Solenoidkontaktausschalter *SolKA*, Glühlampen *Gl* mit den aus Hebelumschalter *HU* und Synchronismus-Anzeiger *SA* bestehenden Phasenvergleicher und hierdurch mit $DGUf_1$ verbunden. Die Erregung und das Anlassen des Umformers geschieht von der Gleichstromseite aus, und zwar die Erregung über Hebelaus- und umschalter bezw. Kurzschlußkontakt (s. Taf. 86/87) *HAU*, Magnetwicklung *M* und Hauptstromregulator *HR*; das Anlassen über den zum Maximalautomaten *SAmax*, der später näher beschrieben werden soll, parallel liegenden Anlasser *AW*, welcher gleichzeitig je nach Einschalten der zu den Umformern $GDUf_{1,2,3}$ führenden Leitungen für alle gemeinsam ist. Ampèremeter *A* zeigt die Stromstärke an, Ausschalter HA_1 trennt den +-Pol vom Netz. Der erwähnte Maximalautomat tritt in Tätigkeit, wenn die Maschine durch irgend eine Störung auf der Drehstrommotorseite nicht mehr als Dynamo arbeitet, sondern Gleichstrom als Motor aufnimmt und zwar dadurch, daß dann ein Kontaktampèremeter *A* nach System Deprez d'Arsonval bei wechselnder Stromstärke über Null rückwärts auf „*Mot*" geht und den Kontakt *C* schließt. Hierdurch wird über die kleine Spule die Batterie *B* geschlossen und der den Automat festhaltende Hebel von der Spule bezw. deren Elektromagnet angezogen und *Stmax* durch die Feder *F* geöffnet.

Die verschiedenen Arten der Spannungsteilung sind nun folgende. Bei $GDUf_1$ (Nebenfigur) wird dieselbe durch Kompensator *Cp* erzielt, bei $GDUf_2$ durch Akkumulatorbatterie mit Motorgeneratorumformern bezw. Ladezusatzmaschinen, bei $GDUf_3$ durch Doppelmaschinen. Von großer Wichtigkeit ist für die Umformerstation nun die *Spannungsregulierung sehr langer Speiseleitungen*, welche hier (siehe oben Mitte) *ohne jegliche Meßdrähte* erreicht wird.

Wenn der Generator der Zentrale (Zentrale) bei verschiedener Belastung mit verschiedenem Leitungsfaktor ($\cos\varphi$) arbeitet, so wird der Spannungstransformator *SpT* trotzdem immer in Phase und proportional arbeiten die sekundäre Spule eines Stromtransformators *StrT* ist nun über einen Induktionswiderstand *IW* und einen Ohmschen Widerstand *OW* in sich geschlossen und erzeugt daher einen primären in Phase und Stärke gleichen Strom. Zu dem Widerstand *OW* ist nun ein kleiner Transformator mit der Primärwicklung parallel geschaltet, während die Sekundärwicklung in Hintereinanderschaltung mit dem Solenoid *So*, Sekundärwicklungen des Spannungstransformators *SpT* und der über *IW* gewickelten sekundären Spule liegt. Mehrere Kontakte und je 2 Hebel an den Sekundärwindungen von *OW* und *IW* erlauben die genaue Einstellung derselben proportional zum Ohmschen induktiven Spannungsverlust.

Ein in die hintereinander geschalteten sekundären Stromkreise eingeschaltetes Relais mit Solenoid *So* und Kontakten K_1 K_2 wird daher, je nachdem die Spannung steigt oder fällt, d. h. je nach dem Ohmschen und induktiven Verlust in der Speiseleitung bei K_1 oder K_2 einen Strom schließen, welcher den Induktionsregler *JR* in der einen oder anderen Drehrichtung fortbewegt. Dieser Induktionsregler, dessen durchgehende Welle mit Schnurantrieb durch einen Hilfsmotor angetrieben wird, ist mit Sprungkontakten versehen, welche eine Zwischenstellung des Hebels *H* verhindern. Je nach der Magnetisierung der einen oder der andern magnetischen Kupplungen wird der Hebel mit der rotierenden Welle über ein Schneckenrad und Schnecke in der einen oder andern Drehrichtung angetrieben, wodurch die Induktionswirkung verstellt wird.

Gelangt der Hebel in seine beiden Endstellungen, so öffnet er mit dem Anschlag *a* die Grenzschalter *c*, *c*, wodurch der Stromkreis der entsprechenden magnetischen Kupplung unterbrochen wird, bis nach Rückwärtsgehen des Hebels die Feder *F* die Kontakte schließt und die Kupplungen wieder wirkungsfähig macht.

VII. Abschnitt.

Schaltungen in Bergwerks- und Hüttenanlagen.

Tafel 90.

Nachdem sich bei den ersten mit elektrischem Antrieb eingerichteten Fördermaschinen herausgestellt hatte, daß dieselben bedeutend ökonomischer arbeiteten als direkt mit Dampfmaschinen gekuppelte Maschinen, weil vor allem das Anlassen weniger Kraft beanspruchte als das Ansetzen einer Dampffördermaschine, wo die ganzen Schwungmassen bei jedesmaligem Ansetzen erst in Bewegung gesetzt werden müssen, während bei elektrischem Antrieb diese Schwungmassen gerade zur Überwindung der ersten Anzugskraft ausgenutzt wurden. In diesen Anlagen werden daher die Fördermaschinen von Motoren mit Zahnradvorgelege oder dergl. direkt angetrieben, während die elektrische Energie durch eine stetig im Betriebe befindliche elektrische Zentrale erzeugt wird.

Es war jedoch nicht zu umgehen, daß das Anlassen der großen Motoren durch die Primärdynamo erfolgte und somit die Dampfmaschine stoßweise belastete. Hierdurch kam man zur Ausbildung eines weiteren Zwischenaggregates wie durch die später näher beschriebene Schaltung, bei der jegliche stromverzehrende Widerstände vermieden sind.

Das *Schwungradumformersystem Ilgner-Siemens & Halske*, das von der „S. & H. A.-G.“ und der „Helios-E.-A.-G.“ gebaut wird, bewirkt nun, daß die in einer großen Schwungmasse aufgespeicherte Energie nur zum Anfahren benutzt wird und so eine sonst meistens zur Aushilfe verwendete Pufferbatterie in Fortfall kommt.

Die vom Drehstromgenerator *DG* in der Zentrale erzeugte elektrische Energie wird durch die Fernleitung einem asynchronen Drehstrommotor *DM* des Schwungradumformers zugeführt, wobei durch Hebelausschalter *HA* und Anlasser *AW* die Einschaltung des Motors *DM* vorgenommen wird. Der Motor ist mit einem schweren Schwungrad und weiter mit einer Gleichstrommaschine *GDF* direkt gekuppelt. Diese liefert den für den Fördermotor *FM*

nötigen Strom. Dieser Umformer verwandelt daher die elektrische Energie der Zentrale in eine für die Zwecke der Fördermaschine geeignete Form und zwar in Gleichstrom von veränderlicher Spannung.

Die Gleichstrommaschine *GDF*, die neben sich auf gleicher Welle noch eine Erregermaschine *EGM* hat, arbeitet mit Fremderregung, deren Strom von der letzteren entnommen wird. Gleichzeitig liefert *EDM* auch den Magneterregungsstrom für den Fördermotor *FM*. Die ganze Steuerung dieses beruht nur auf der Umschaltung des Erregungsstromes der Anlaßmaschinen *GDF*, sodaß keinerlei Funken und Störungen, wie sie beim Umschalten von Hauptstrom führenden Leitungen unausbleiblich sind, auftreten können.

Der Ankerstrom der Anlaßmaschine *GDF* wird nämlich direkt zum Anker des Fördermaschinenmotors *FM* geführt. Die Umschaltung der Erregung dieses geschieht mit Umschalter *MU*, wodurch auch die Umdrehungsrichtung des Motors *FM* bewirkt wird; der Feldregulator *ES* führt in den Betriebspausen eine Schwächung des Erregerstromes von *FM* und so eine Energieersparnis herbei, während die Erregung der Anlaßmaschinen durch *StA* von 0 Volt bis zum Maximum regulierbar ist. Diese Erregerleitung kann durch Notausschalter *NA* unterbrochen werden und *GDF* stromlos machen, wenn das Fallgewicht der Sicherheitsbremse oder das Haltewerk des Brems-Lüftungsmagneten *LB* bei Stromloswerden von *EGM* herunterfällt. Hierdurch sind alle für einen geregelten sicheren und ökonomischen Betrieb nötigen Punkte erfüllt.

Tafel 91.

Die *Schaltung einer der ersten* von der „A. E.-G.“ ausgeführten *elektrischen Fördermaschine**) ist von der vorigen bedeutend einfacher, da hier der in der Zentrale *mit 2000 Volt* Spannung erzeugte *Drehstrom* über Sicherungen *HoS*, Notausschalter, Hochspannungsgehäuseumschalter direkt dem Schalter des Fördermotors zugeführt wird, während über eine Transformatorsicherung ein Niederspannungsmotor zum Antrieb einer Zentrifugalpumpe angeschlossen ist, welche die im unteren Teile des Flüssigkeitsanlassers stehende Flüssigkeit in die obere Hälfte pumpt, wodurch bei geschlossener Regulierzwischenwand der Rotor ganz allmählich und gleichmäßig kurzgeschlossen und so der Motor angelassen wird; durch Änderung der Stellung der Regulierklappe kann dann noch ein schnelleres (geschlossen) oder langsameres Anlaufen des Motors erzielt werden. Die übrigen mechanischen Steuerungen zur Betätigung der elektrischen Schalter usw. ergibt die Zeichnung.

---

*) Näheres siehe auch Z. d. V. D. I. 1902 Seite 1693 und Glückauf Nr. 29, 1902.

Tafel 92.

Von der Firma „E. A.-G. v. Schuckert & Co.“ wurde bei der *Gleichstrom-Fördermaschinenanlage für Gewerkschaft „Friedrich Franz“ Lübtheen i. Mecklenbg.* folgende Anordnung getroffen und zwar nach in größerer Beziehung ähnlichen Gesichtspunkten, wie dies Tafel 90 näher beschrieben.

Die Schaltung (in der Figur vereinfacht) ist hier derartig, daß der mit 500 Volt Netzspannung betriebene Motorgenerator D_1 D_2 dauernd läuft, wobei er die vom Netz über Netzregulator FR und Magnetumschalter MU direkt erregte Anlaßdynamo D_2 direkt antreibt. Der Anker von D_1 liegt über Anlasser AW am Netz, der Anker von D_2 im Hauptstromkreis der Fördermotoren FM_1 FM_2. Beim Anfahren arbeitet D_2 zuerst als Motor und seine der Hochspannung entgegengerichtete Spannung wird durch Einwirkung des Regulators FR von 500 auf 0 Volt gebracht, während die Fördermotoren die Differenz seiner und der Netzspannung — 500 Volt — erhalten und so angetrieben werden. Der Anker von D_2 verbraucht daher zunächst eine seiner Spannung entsprechende Energie, die er jedoch durch D_1 ans Netz zurückgibt. Sobald sein Feld jedoch 0 wird, kann er D_1 nicht mehr treiben, sondern wird wieder zum Motor und treibt D_2 als Dynamo, deren Magnetfeld umgekehrt und allmählich verstärkt wird. D_2 arbeitet daher jetzt als Zusatzdynamo, sodaß die Motoren schließlich $500 + 500 = 1000$ Volt Spannung erhalten, womit ihre Normalgeschwindigkeit erreicht ist. Durch Schwächung ihres eigenen und des Magnetfeldes bei D_1 kann dieselbe noch weiter erhöht werden. Der Hauptstromschalter HU dient zur Drehrichtungsänderung der Fördermotoren.

In dem unteren Schema der Tafel ist die in einem Hauptschalter untergebrachte und vereinigte elektrische Steuerung gezeichnet. Die entsprechenden Zahlen 1—12 und Buchstaben entsprechen den gleichen in der oberen Schaltung, sodaß eine Orientierung ohne nähere Erklärung ohne weiteres möglich ist.

Tafel 93.

Die *Gleichstromfördermaschine* der „Siemens & Halske A.-G.“ *für Schacht Zollern II der Gelsenkirchener Bergwerksgesellschaft* ist durch die Anordnung der Schaltung und Motoren besonders interessant.

Die Fördertrommel*) wird von zwei parallel bezw. hintereinander geschalteten 500 Volt Motoren M_1 M_2 von je 1400 PS Maximalleistung angetrieben, wodurch einmal der Antrieb der Hauptwelle auf beide Seiten der Trommel verlegt wird und zweitens eine große Betriebs-Reserve geschaffen wird.

*) Nähere Einzelheiten siehe Z. d. V. D. I. Nr. 43. 1902.

Würde man nun die Motoren nur mittels Widerstandsregulatoren anlassen, so erhielte man einen großen Stromverlust, daher wird nicht reine Widerstandsregulierung angewendet, sondern die aufgestellte Pufferbatterie *Acc. B* von 250 Zellen wird in 4 Gruppen von 125 bezw. in 6 Gruppen von je 2 zu 125, 75, 50 Volt geschaltet, die stufenweise auf die Motoren geschaltet ihre Geschwindigkeit allmählich steigern, sodaß also die Geschwindigkeiten durch Anlasser, Batterieumschaltung in Parallel- oder Hintereinanderschaltung der Motoren M_1 M_2 geregelt werden können.

Die Betriebschaltungen — Anlasser und Umsteuerrad — werden mit einem Steuerhebel — die Übergangsschaltung, die während Stillstandes der Motoren, mittels besonderer hinter dem Führerstand angeordneter Hauptschalter ausgeführt.

Figur 1 zeigt nun eine solche Schaltung mit 2 Motoren und Batterie, sowie Batterieumschalter. Jeder Motor hat hier seinen Anlasser *W*, der in der Endstellung den Bremsmagnet anzieht.

Figur 2 gibt die Motoren in Reihenschaltung mit einem Anlasser wieder.

Figur 3. Die Batterie fällt aus und die Motoren arbeiten über die hintereinander geschalteten Anlasser in Hintereinanderschaltung.

Figur 4. Ein Motor arbeitet mit seinem Anlasser allein.

Tafel 94/95.

Die von der „Union E.-G.“ erbauten *elektrischen Einrichtungen auf der Zeche „Adolf von Hansemann“* bei Mengede sind nach mancher Richtung hin bemerkenswert.

Für Beleuchtung mit Bogenlampen ist ohne Frage Gleichstrom in ökonomischer Beziehung dem Drehstrom überlegen. Wird dagegen an weit entfernt und verstreut liegenden Orten Strom für Kraftzwecke gebraucht, so liegt der Vorteil beim Drehstrom infolge Anwendung höherer Spannungen sowie bei der zumeist rohen Betriebsweise erforderlichen Einfachheit. Vielfach soll aber die Elektrizität gleichzeitig für Licht- und Kraftzwecke auf den Zechen benutzt werden. Dann steht man vor der Frage, soll zugunsten der Lichtanlage allein Gleichstrom oder wegen der Motoren nur Drehstrom verwendet werden, oder empfiehlt es sich, beide Stromarten nebeneinander arbeiten zu lassen. Für vorliegende Anlage wurde eine Rein-Drehstromanlage gewählt.

Die Kraftstation besteht aus zwei genau gleichen Drehstromgeneratoren G_1 G_2, welche direkt mit ihren Betriebsmaschinen gekuppelt sind.

Die Erregermaschinen $ED_{1,2}$, deren Feldmagnete im Nebenschluß liegen, leisten bei 92 Amp. und 125 Volt = 11,5 KW. Die Stärke des Erreger-

stromes wird durch einen in den Nebenschluß der Erregermaschine *ED* eingeschalteten veränderlichen Widerstand *NR* reguliert und mit Ampèremeter *A* gemessen.

Die Drehstrommaschinen G_1 G_2 liefern bei 550 Volt verketteter Spannung und 50 Perioden 158 Amp., sodaß die Leistung bei induktionsfreiem Widerstand rund 150 KW beträgt. Nimmt man einen ungünstigen Leistungsfaktor von 0,75 an, so würden in der Kraftstation 225 KW nutzbar zur Verfügung stehen.

Die über Tage befindlichen elektrischen Leitungen bestehen aus:

1. dem Beleuchtungsnetz mit Bogen- und Glühlampen,
2. 1 Schiebebühne,
3. 2 Koksausdrückmaschinen,
4. der Koksseparation,
5. 2 Kohlen-, 1 Holzaufzug,
6. dem Antrieb der Werkstatt.

Wie aus dem Schema ersichtlich, geht von den drei Klemmen der Dynamomaschinen G_1 G_2 je ein Kabel nach den drei Hauptschienen. Auf diese können beide Dynamos zusammen oder jede allein arbeiten. Den verschiedenen Zwecken entsprechend ist das ganze Verteilungsnetz in drei von einander getrennte Abteilungen geschieden. Eine davon wird gebildet durch drei in die Grube führende Kabel-Leitungen. Außerdem gehören noch dazu die unter 2. bis 6. genannten Motoren, die mit der vollen Spannung von 550 V arbeiten und deshalb unmittelbar an die Hauptschienen angeschlossen sind. Zur weiteren Gruppe gehört die Glühlichtbeleuchtung, zur dritten alle Bogenlampen. Beide Gruppen werden mit 115 V Spannung betrieben. Zur Herstellung der Spannung von 115 V dienen je drei Einphasentransformatoren von je 15 KW Kapazität. Die Glühlichtleitungen gehen nach Verteilungspunkten, welche bei den einzelnen Gebäuden, Verwaltungsgebäude, der Wäsche, der Werkstatt und der Ziegelei liegen.

Die Bogenlampen sind in Gruppen von je dreien hintereinander geschaltet und verteilen sich auf den Zechenplatz und Bahnhof, die Koksbatterie, Ziegelei, Kaue, Maschinengebäude und Werkstatt.

Zur Erkennung der Phasengleichheit sind zwei Phasenlampen auf der Synchronisiertafel befestigt, die so lange heller oder dunkler aufleuchten als noch keine Phasengleichheit besteht. Erst wenn die Lampen dunkel bleiben, wird der Hauptschalter der zweiten Maschine eingelegt. Beim Abschalten einer Maschine wird diese vorher bis fast zum Leerlauf entlastet.

Für die Voltmeter dienen fünf Meßtransformatoren, je einer für die beiden Dynamos und die drei Hauptleitungsschienen. Es wird auf diese Weise in den Voltmetern nur mit 115 V Spannung gearbeitet.

Eine weitere Beschreibung erübrigt sich, da die weiteren Angaben über die Schaltung und die zur Verwendung gelangenden Motoren usw. aus den Eintragungen in der Zeichnung hervorgehen.

Tafel 96.

Der allmählich ausgedehnte Gebrauch der *elektrischen Betriebskraft* für Bergwerkszwecke hat den Wunsch gezeitigt, den elektrischen Strom auch *für die Gesteinsbohrungen* aller Art zu verwenden.

Für das Bohren von hartem Gestein, unter welchem das Bohren von Sprengstücken usw. zu verstehen ist, kam bei maschinellem Betrieb bis vor wenigen Jahren die Druckluft als Betriebskraft fast allein in Frage. Für weicheres Gestein verwendet man schon längere Zeit elektrische Gesteinsbohrer mit rotierendem Bohrstahl und zwar für Kohle, Salz, Schiefer usw. mit vorzüglichem Erfolge.

Bei ganz hartem Gestein jedoch sind rotierende Gesteinsbohrer in ihrer heutigen Form mit Vorteil nicht zu verwenden, da hierfür ein großer Druck und schwere Konstruktion, schließlich besondere Bohrstähle erforderlich sind. Gerade der letztere Umstand ist es, welcher der Einführung der rotierenden Bohrer für hartes Gestein entgegensteht, da es besonders wertvoll erscheint, daß die Bohrstähle an Ort und Stelle angefertigt und geschärft werden können.

Die Anforderungen, die an einen Gesteins-Bohrer für Gruben-, Tunnel- und Steinbrucharbeiten gestellt werden müssen, sind im wesentlichen folgende:

Einfache und starke Konstruktion, Widerstandsfähigkeit gegen Wasser und säurehaltige Luft und nicht zum geringsten gegen eine gewisse rauhe Behandlung seitens des Bergmannes, einfache Hantierung, geringer Raumbedarf, kleines Gewicht und leichte Transportfähigkeit, geringe Abnutzung und dadurch bedingte geringe Reparatur.

Figur 1 und **2**. Nach jahrelanger Arbeit ist es der „Union Elektrizitäts-Gesellschaft“ gelungen, einen Gesteins-Stoßbohrer für elektrischen Betrieb zu bauen, welcher alle oben genannten Bedingungen erfüllt. Seine Erfindung beruht auf der praktischen Nutzbarmachung des Prinzips der Erregung von Solenoiden mit pulsierenden Wechselströmen, wodurch einem zwischen den Solenoiden Sol_1 und Sol_2 schwebenden Eisenkern eine hin- und hergehende Bewegung erteilt wird. In der Hauptsache besteht diese Stoßbohrmaschine aus zwei hintereinanderliegenden Magnetspulen, die von einem eisernen Rohr umschlossen werden und in deren Innern ein zylindrischer Eisenkern hin- und herbewegt wird. Nach vorn ist der Hub der Maschine lediglich durch

das Aufschlagen des Meißels gegen das Gestein begrenzt, der Rückschlag wird von einer Spiralfeder aufgefangen, und teilweise für den Vorwärtsschlag wieder nutzbar gemacht. Durch besondere Verschlußstücke sind die Spulen vollkommen wasserdicht verschlossen.

Die Stoßbohrer und die zugehörigen Bohrdynamos werden außer für 110 auch für 220 Volt Betriebsspannung gebaut und können daher die Bohrmaschinen ohne erhebliche Leitungsverluste in beträchtlichen Entfernungen von der Bohrdynamo Aufstellung finden.

Die zum Antrieb für die Bohrdynamo erforderliche Betriebskraft schwankt je nach der Zahl der eingeschalteten Bohrmaschinen, da bei wachsender Belastung der Wirkungsgrad des Generators steigt. Der tatsächliche Energieverbrauch des Bohrers beträgt 2,2 Kilowatt. Der scheinbare Energieverbrauch, welcher sich aus dem Produkt der Ablesungen auf Volt- und Ampèremeter ergibt, ist höher, da der Leistungsfaktor der Anlage ungefähr mit $\cos \varphi = 0{,}8$ anzusetzen ist. (Der Kraftverbrauch einer Luftbohrmaschine gleicher Leistung beträgt 6—10 PS.)

Aus dem Schema Fig. 1 ist die Schaltungsweise einer Stoßbohranlage, bestehend aus Bohrdynamo, Hauptschalttafel und 2 Stoßbohrern ersichtlich; größere Anlagen sind in ganz gleicher Weise ausgeführt, indem sich einfach die Anzahl der an die Fernleitung angeschlossenen Bohrer entsprechend vermehrt. Die in dem Schema angegebenen Leitungen nebst Schalttafel zeigen den Anschluß einer Gleichstrom-, Licht- oder Kraftleitung an die Bohrdynamo. Die Gleichstrom-Betriebsspannung beträgt bis 180 bezw. 360 Volt.

An der Dynamo sind $C_1\,C_2\,C_3$ Kollektoren, S ein Schleifring, R ein Nebenschlußregulator, von diesen Kollektoren und Schleifringen wird der pulsierende Wechselstrom oder auch Gleichstrom entnommen. Schleifring S und Kollektor 3 sind miteinander verbunden, welch letzterer der Polzahl entsprechend geteilt ist.

Figur 3. Zum Bohren in weichem Gestein werden wie erwähnt Drehbohrmaschinen, bei welchen die Bohrspindel durch Rädervorgelege vom Elektromotor angetrieben wird, verwendet.

Der Motor besitzt ein vollkommen geschlossenes Magnetgehäuse, ist somit gegen Staub und Feuchtigkeit durchaus geschützt.

Wie aus den Schemas ersichtlich, wird der Bohrmotor durch ein gutisoliertes, gegen Beschädigungen möglichst geschütztes Kabel vermittels eines Abzweigkastens, in welchem die Bleisicherungen untergebracht sind, mit der Speiseleitung verbunden; das Ein- und Ausschalten des Motors, sowie das Zurückziehen der Spindel und Regulieren der Vorschubgeschwindigkeit wird durch einen einzigen Handhebel U bewirkt.

Tafel 97/98.

Die *Motorenschaltung und Steuerung eines Chargierkrans,* welcher im Gegensatz zur Anordnung von Chargiermaschinen in Hüttenwerken mit wenig Platz vor den Öfen zur Verwendung gelangt, entnehmen wir einer Beschreibung von O. Kohser*). Die mechanische Anordnung müssen wir hier übergehen, da eine Beschreibung derselben ohne Abbildung doch nicht klar genug werden würde.

Die Schaltung der von der „Union E.-G." ausgeführten Anlage gestaltet sich bei dem Chargierkran derartig, daß die Zuleitungen nach den beweglichen Teilen nicht durch flexible Kabel hergestellt werden können, weil die Kontroller eine hin- und hergehende und ebenfalls eine drehende Bewegung machen, dagegen an diesen Bewegungen nur zwei Motoren teilnehmen, nämlich der Säulendreh- und der Schwengeldrehmotor SM_4 und SDM_5.

Zur Stromabnahme dienen zwei Kontaktrollen, welche den Strom von der Trolleyleitung abnehmen. Um nun einerseits den Strom nach der Schalttafel, welche ihre Befestigung an der Säule hat, leiten zu können, und anderseits dem Kranfahrmotor KM_1 den Strom von dem zugehörigen Kontroller KM_1 zuführen zu können, ist die Anordnung von sechs Kontaktleitungen Cl notwendig, welche längs des Kranes gespannt sind, von denen der Strom mittels Schleifkontakten, bei denen die Leitungen hindurchgleiten, abgenommen wird. Des ferneren sind für diese sechs Leitungen $_{1-6}$, sowie auch für die Zuleitungen der Motoren HM_2 und KM_3, weil dieselben ebenfalls nicht an der Drehbewegung der Säule teilnehmen, 13 Schleifringe Sch_{1-13} erforderlich, welche einerseits den Hauptstrom nach der Schalttafel und anderseits nach den Kontrollern leiten. Die Motoren SM_4, der Säulendrehmotor, und SDM_5, der Schwengeldrehmotor, bedürfen keiner Schleifringe und besonderer Kontaktdrähte, weil sie an allen Bewegungen teilnehmen.

Den Motoren KM_1, HM_2, SDM_5 gehören die korrespondierenden Kontroller KM_1, HM_2, SDM_5 an. Die sechs verschiedenen Schaltstellungen der Kontroller gehen aus der Darstellung hervor; *a* ist ein Anschlagknaggen, damit die Kurbel nicht über die Endstellung *b* nach jeder Seite hinausgedreht werden kann. Als Beispiel für den Stromverlauf betrachten wir Kontroller KM_1 mit dem zugehörigen Motor KM_1.

Von den beiden Rollen des Stromabnehmers wird der Strom von der Trolleyleitung abgenommen und nach den beiden Längsleitungen Cl_1 und Cl_2 geleitet, von wo derselbe vermittels der von der Laufkatze gehaltenen und bewegten Schleifkontakte nach den beiden Schleifringen $Sch_{5 \text{ u. } 6}$ geführt wird und weiter durch die Bürsten nach den Sammelschienen $+-$ der Schalttafel gelangt. Wird Kontroller KM_1 in die Stellung 1 gebracht, so läuft Strom

*) Näheres siehe ETA. Nr. 70, 1903.

von der +-Schiene nach Stromfinger 1 über den Kontroller, Stromfinger 2 nach Umschalter U, durch diesen nach Schleifring Sch_8 und dann nach Kontaktleitung Cl_4, weiter nach Klemme 8 des Motors KM_1, durchströmt den Anker in der Richtung nach 9, von hier weiter durch Kontaktleitung Cl_5, nach Schleifring Sch_9, durch den Umschalter U nach der Funkenbläserspule BlM, durchströmt diese und gelangt nach Finger 3, durchläuft alle Widerstände $W_1 \ldots W_5$ nach Stromfinger 8 über die Schiene, Finger 9 nach Schleifring Sch_7, weiter durch Kontaktleitung Cl_3 nach Klemme 7, durchströmt die Magnetspule und die Windungen des Bremsmagneten BrM in der Richtung nach 10, von hier durch Kontaktleitung Cl_6, nach Schleifring Sch_{10}, um nach der —-Schiene an der Schalttafel zurück zu gelangen. Von der —-Schiene geht der Strom wieder über den Schleifring Sch_6 und Kontaktleitung Cl_2 nach der —-Trolleyleitung zurück. Der Motor hat sich jetzt in Bewegung gesetzt und erreicht durch stufenweises Abschalten der Widerstände seine Höchstgeschwindigkeit.

Soll der Motor in anderer Richtung laufen, so kommt die rechte Kontrollerhälfte zur Anwendung. Der Stromverlauf ist hier derselbe, nur daß durch den Umschalter U am Kontroller KM die Drehrichtung geändert wird, da der Ankerstrom bei KM_1 jetzt entgegengesetzt der ersten Richtung läuft.

Der Stromverlauf der übrigen Motoren geht aus dem Schema genau hervor. Es tritt nur insofern ein Unterschied ein, als andere Schleifringe und Kontaktleitungen längs des Kranes resp. gar keine in Frage kommen.

Die Funkenbläserspulen BlM haben den Zweck, die Kontakte der Stromfinger und Schienen an dem Kontroller vor Verbrennung zu bewahren; durch das vom Strom erzeugte, kräftige Magnetfeld werden die Funken, die durch das Schalten von einem Kontakt zum andern entstehen, ausgeblasen.

Tafel 99.

Ähnlich wie die in der vorigen Figur beschriebene *Schaltung* gestaltet sich diejenige *einer Chargiermaschine*, nur daß hier nur 4 Motoren zur Anwendung kommen. Das vorliegende Schema entspricht ebenfalls einer Ausführung der „Union E.-G.“*).

Die Schaltung der vier Motoren ist aus der Tafel zu ersehen. Der Strom wird durch die beiden Kontaktrollen von der Trolleyleitung abgenommen und zu der am Gittermast angebrachten Schalttafel geführt. Jeder Kontroller hat zwei Schalthälften, um zwei verschiedene Bewegungsarten an den Motoren herbeizuführen. Als Beispiel des Stromverlaufs bei den verschiedenen Schaltungen diene Motor KM_3 und der zugehörige Kontroller KM_3.

*) Näheres siehe ETA. Nr. 70 und 68, 1903.

Wird die Kontrollerwalze von der Ausschaltestelle *0* auf Leitung 1 (linke Kontrollerhälfte) gebracht, so geht der Strom von der +-Schiene der Schalttafel über Bremsmagnet *BrM* durch das Magnetfeld von KM_3 nach Kontaktfinger 7, über Kontroller nach Finger 6 durch Widerstände W_{5-1} nach Finger 1, dann nach dem Blasmagnet *BlM* nach Stromfinger 8 und gelangt über 10 durch Motor KM_3 zu Stromfinger 9 und über Kontroller nach Finger 11 und von hier nach der —-Schiene an der Schalttafel zurück. Beim Weiterdrehen der Kontaktwalze ist der Stromverlauf derselbe, nur mit dem Unterschiede, daß bei dem Weiterdrehen der Kontaktwalze um je einen Kontakt die Widerstände stufenweise durch die Kontrollerkontakte abgeschaltet werden. Bei Stellung VI der Kontrollerwalze sind sämtliche Widerstände ausgeschaltet, infolgedessen der Motor seine größte Geschwindigkeit angenommen hat. Bei Rückwärtsdrehen der Walze werden sämtliche Widerstände wieder eingeschaltet, bis auf Stellung *0* der Motor wieder ausgeschaltet ist.

Soll der Motor in umgekehrter Richtung laufen, so wird die Kontrollerwalze in anderer Richtung als vorhin gedreht. Der Stromverlauf ist umgekehrt durch den Anker und dieser hat daher die entgegengesetzte Drehrichtung. KRM_1 ist der Kranfahrmotor, HM_2 der Hubmotor, KM_3 der Katzenfahrmotor, DM_4 der Drehmotor für die Mulde.

Tafel 100.

Das *Schaltungsschema einer* von „W. Lahmeyer & Co.“ erbauten *elektrischen Wasserhaltung* wollen wir zum Schluß dieses Abschnittes noch betrachten.

Infolge der Einfachheit der Schaltung wollen wir es mit einer Zeichenerklärung genügen lassen. ED_1 ED_2 sind zwei Erregermaschinen, von denen eine als Reserve dient und welche einzeln oder zusammen auf die +- und --Schiene arbeiten. *NR* sind die zugehörigen Nebenschlußregulatoren, von denen der eine mit einem automatischen Regulator *autNR* hintereinander geschaltet ist. Der *autNR* wird durch einen Hilfsmotor angetrieben, der durch automatischen Umschalter *U* wechselnde Drehrichtung erhält. Der Umschalter *U* wird durch die Solenoide *M* eingeschaltet, je nachdem das Solenoid *M* bei steigender oder fallender Spannung die Kontakte *c* oder *c* über *Gl* schließt. *MR* ist der Magnetregulator zum Drehstromgenerator *GD*, von dem dann über Hochspannungssicherungen *HoA*, Ausschalter *HoA*, Ampèremeter *A* usw. der Strom zum Wasserhaltungsmotor *DM* mit Kurzschlußanker *KA* führt. Da die Erregermaschinen getrennt von *DG* angetrieben werden, arbeitet *DG* mit Vorerregung, d. h. *DG* wird erst nach Erregung des Magnetfeldes angelassen, wobei der Motor *DM* eingeschaltet und alle Hebel geschlossen sind. *DM* läuft daher mit gleicher Tourenzahl wie *DG* ohne Stromstoß an.

VIII. Abschnitt.

Schaltungen von elektrischen Anlagen auf Schiffen und Eisenbahnzugbeleuchtung.

Tafel 101.

Figur 1. Mehr und mehr hat sich das Bedürfnis der *Elektrizität an Bord von Kriegs- und Handelsschiffen* herausgestellt, da durch die geringe Raumbeanspruchung von Motoren und Apparaten, die Sicherheit des Betriebes zu dem Betrieb von Signal- und Beleuchtungsapparaten sowie besonders Scheinwerfern dieselbe unumgänglich und allen anderen Betriebsmitteln überlegen ist. Auf unsern Kriegsschiffen*) findet dieselbe daher bereits ausgedehnte Verwendung, so zB. zum Betrieb der allgemeinen Beleuchtung, der Signallaternen, von Notsignalen und Scheinwerfern, von Munitionsaufzugmotoren, Geschützmanövrier- und Richtmotoren, von Kohlenaufzügen, Bootsaufzügen und Ventilatoren, ferner für Befehls- und Kommandoapparate und neuerdings auch Rudersteuerung.

Die ersten *Anlagen* wurden *mit Kompoundmaschinen* von 65 Volt Spannung ausgeführt, jedoch ist man neuerdings zu Nebenschlußmaschinen mit 110 Volt übergegangen**). Zwischenein sind eine Anzahl Schiffe (der Kaiser Friedrich-Klasse) mit Anlagen von 74 Volt Spannung ausgeführt, weil dies für die Scheinwerfer die günstigste Spannung ist. Durch den späteren Übergang zu Nebenschlußmaschinen wurde nun ferner die Möglichkeit gegeben, eine ökonomische Verwendung von Akkumulatorenbatterien für die Signalapparate, die weniger Strom bedürfen, zu erreichen.

Eine besondere Vorsicht mußte bei der Schaltung und Aufstellung der Maschinen angewendet werden, damit bei Wassereintritt durch Schußverletzungen oder Leitungszerstörungen nicht die ganze Anlage unbrauchbar wird, daher werden, wie *das Schema der Anlage auf S. M. S. „Kaiser Friedrich“* zeigt, die Hauptbetriebsmaschinen (Kompound) I, II, III, sowie die Reservedynamo *R*

*) cf. ETZ. 1900, Heft 47; Grauert, Die elektr. Anlagen neuerer Kriegsschiffe.

**) cf. „Normalien für die Verwendung der Elektrizität auf Schiffen“ ETZ. 1903, S. 401.

in einem, die Maschine IV in einem andern von ersterem ganz abgeschlossenen Raume aufgestellt, sodaß bei Verletzung des einen die Manöverierfähigkeit des Schiffes erhalten bleibt. Die Schaltung ist ferner so getroffen, daß ein Parallelschalten der Dynamos infolge der 3 × 3 und 1 × 4 Schienenpaare nicht nötig ist, da die einzelnen Stromkreise innerhalb der Schienensysteme auf stets 3 bezw. 4 Maschinen verteilt werden können, sodaß die Dynamos ganz unabhängig arbeiten können, ohne daß hierdurch eine Änderung oder vielmehr Beeinflussung der Stromkreise stattfinden würde. Im Schema können daher Strom geben:

Auf Lichtsignale und Fernzeiger	Dynamo	I, II, IV.
„ Scheinwerfer	„	I, III, IV.
„ Motoren für nebensächliche Verrichtungen	„	I, III, IV.
„ Geschütz- und Munitionsmotoren	„	II, III, IV, *R*.

Wir sehen hieraus, daß die getrennt stehende Dynamo IV auf alle Schalttafeln arbeiten kann. In der Figur sind *H* Hebelausschalter, *A* Ampèremeter, *V* Voltmeter, *PrA* Präzisionsampèremeter und *R* die Regulatoren für den Nebenschluß der Dynamomaschinen.

Figur 2 zeigt das Schema einer probeweise auf S. M. S. „Fürst Bismarck“ aufgestellten Batterie für Signal- und Meldeapparate. Die Batteriespannung ist 65 Volt, die Maschinenspannung 110 Volt. Die Ladung erfolgt über Lade- und Regulierwiderstand *RW* vom Netz. *Acc.-B.* ist die Akkumulatorenbatterie mit Ampèremeter *A*, Stromrichtungszeiger *Str*, Maximalautomat *SAmax*, Doppelzellenschalter *DZ*, Minimalautomat *SAmin* und Umschalter *HU* mit Stellung 1 = Parallelbetrieb, Stellung 2 = Parallelbetrieb über Lampenwiderstand *W* oder Maschinenbetrieb allein, Stellung 3 = Ladung der Batterie durch Doppelzellenschalter *DZ* unter gleichzeitiger Stromabgabe der Batterie. Voltmeter *V* mit *Vu* dient zur Spannungskontrolle.

Tafel 102.

Die Figur zeigt das *Schaltungsschema S. M. S. „Prinz Heinrich“*, auf welchem *vollständige Parallelschaltung von Nebenschlußdynamos* eingerichtet ist. Der Kraftbetrieb wird von dem Lichtbetriebe gesondert. Diese Einrichtung befindet sich auf dem Parallelschaltbrett im „hinteren Maschinenraum“. Die eine negative Schiene führt den Strom für die Motoren die andere für die Ventilatoren und die Beleuchtung. Die Anordnung nur eines Schienenpaares auf dem Hauptschaltbrett hat den Vorteil, daß man doppelpolige Schalter verwenden kann. Dadurch kann man die einzelnen Stromkreise schneller abtrennen, was bei der Untersuchung der Leitungen im Falle von Schiffsschluß von großem Vorteile ist. Nachdem beim modernen Schiffsbetriebe die elektrische Anlage ein wichtiges Element geworden ist, trifft man Vor-

sorge, daß im Falle von Störungen, wie Überfluten, Havarien usw. nicht der ganze elektrische Betrieb leidet. Zu diesem Zwecke ordnet man neben (s. a. Tafel 101 Fig. 1) der Hauptstation eine Reservestation mit einem Reserveschaltbrett an, an welches die Leitungen für die Beleuchtung, Ventilation und die Kommandoapparate angeschlossen werden. Die Anordnung dieser Reservestation im Rudermaschinenraum zeigt das Schaltungsschema.

Die Leitungen, welche vom Hauptschaltbrette ausgehen, vereinigen sich mit denen, die vom Reserveschaltbrette kommen, in anderen Abteilungen als die Maschinenstationen, damit ein leichtes Abtrennen der Leitungen vom überfluteten Maschinenraum möglich ist.

Nach dem Vorhergesagten dürfte der Zweck der einzelnen Apparate usw. aus dem Schema hervorgehen.

Tafel 103.

Die elektrische Einrichtung des Schnelldampfers „Deutschland“ der Hamburg-Amerika-Linie“, welche von der „A.-E.-G.“ ausgeführt wurde, besteht aus fünf Nebenschlußdynamos D_1—D_5 und *RD*, von denen 3 je 77 und zwei je 44 KW leisten*).

Die Dynamos D_1 D_2 von je 77 KW und D_3 D_4 von je 44 KW stehen im Hauptdynamoraum, die fünfte *RD* in einem besonderen Dynamoraum auf dem Hauptdeck, also gegen Überfluten vollkommen gesichert. Die Maschinen D_1—D_4 arbeiten mit dem Minuspol auf eine gemeinsame —-Schiene, während jede Plusleitung zu einer besonderen +-Schiene führt, die Speiseleitungen können dann am +-Pole durch den Leitungsumschalter *LU* auf eine beliebige +-Schiene bezw. deren zugehörige Dynamo *D* geschaltet werden. Jede Maschine erhält die nötigen Meßschalter und Sicherheitsapparate. Die Dynamo *RD* dient ausschließlich für die Polizeibeleuchtung und kann mit Umschalthebel und diese auf die Maschine *RD* geschaltet werden. Mit *U* ist jedoch auch eine Verbindung mit einer beliebigen Dynamo D_1—D_4 über *LU* möglich. Die Verteilung der Polizeibeleuchtung ist nun möglichst so eingerichtet, daß die Beleuchtung eines Raumes von wenigstens zwei von verschiedenen Verteilungs-Schalttafeln kommenden Stromkreisen geschieht, wie dies aus der Zeichnung zu ersehen ist.

Tafel 104.

Bei dem neuesten *Schnelldampfer des „Norddeutschen Lloyd“ „Kronprinz Wilhelm“* ist die *Gesamtschaltanlage* folgende:

*) Zum näheren Studium sei hingewiesen auf: Roedder, „Die elektrotechnischen Einrichtungen moderner Schiffe. Wiesbaden 1903.

Die Primärstation besteht aus vier Dynamomaschinen von je 83 KW Leistung bei 110 Volt Spannung, von denen D_1—D_3 im Stauungsraum, D_4 im Hauptdeck aufgestellt ist. Die positiven Pole dieser Maschinen führen — wie Tafel 103 —, zu je einer zugehörigen +-Schiene *1*—*4* nach Passieren der Hebelausschalter *HA* und Ampèremeter *A*, während die —-Pole hier direkt an den Schiffskörper gelegt sind. Diese von der „Union E.-G." ausgeführte Anordnung bedeutet eine bedeutende Ersparnis von Leitungen, Einfachheit in der Bedienung und Umschaltung sowie eine Sicherheit gegen Erdschluß, da bei schwachem Isolationswiderstand einer Leitung bald ein derartiger Stromübergang stattfindet, daß die zugehörige Sicherung durchschmilzt. Deshalb muß aber auch bei dieser Anordnung mehr wie sonst darauf gehalten werden, daß stets die richtigen Sicherungsstärken verwendet werden.

Zur Sicherheit des Betriebes ist ferner das Schaltbrett in dem höher gelegenen Oberdeck aufgestellt, zumal hier auch mehr Platz als im Stauungsraum vorhanden ist. Die einzelnen Speiseleitungen sind wieder wie in voriger Figur mit Umschaltern *U* verbunden, um sie auf eine beliebige +-Schiene schalten zu können. Die weitere Einteilung für Licht und Kraft ist aus den Bezeichnungen des Schemas zu entnehmen.

Tafel 105.

Figur 1 zeigt uns das *Schema einer elektrischen Schiffssteuermaschine.* Unter dieser Bezeichnung versteht man solche Vorrichtungen, bei welchen die Elektrizität direkt zur Kraftleistung verwendet wird und nicht derartige, die nur als Fernkontrollvorrichtungen einen Motor in Betrieb setzen, welcher das Öffnen oder Schließen bezw. Steuern einer Dampfmaschine bewirkt. Die elektrische Steuermaschine läßt sich auch auf solchen Schiffen verwenden, die keine besondere elektrische Anlage besitzen.

Die Figur zeigt uns nun eine solche nach dem „System Pfatischer", welches auf dem Prinzip der Wheatstonschen Brücke beruht. Werden hierbei zwei gleich große Widerstände (rechte und linke Hälfte von HR_1 und HR_2) parallel geschaltet, so fließt durch jeden ein Strom gleicher Stärke. Im vorliegenden Falle ist daher, wenn die Hebel von HR_1 und HR_2 auf der korrespondierenden Stelle stehen, die Verbindungsleitung derselben und so die Magneterregung der Erregerdynamo *ED* stromlos. Diese Erregerdynamo dient zur Stromlieferung für die Magnetwicklung der Hauptdynamo *HH.* Beide Dynamos werden durch Motor *M*, der vom Netz gespeist wird, angetrieben. Wird nun an dem Steuerruder *StR* die Hebelstellung verändert, so wird so lange in der einen oder anderen Richtung ein Ausgleichsstrom zwischen den beiden Hebeln von HR_1 und HR_2 und somit durch die Magnet-

erregung von *ED* stattfinden, bis der Hebel bei HR_2 die gleiche Stellung eingenommen hat. Infolgedessen wird *ED* je nach der Richtung des Stromes in der Magnetwicklung einen verschieden gerichteten Strom durch die Feldwicklung von *HD* senden und diese wiederum in entsprechender Richtung Strom durch den Anker des vom Netz direkt erregten Rudermotor *RM* senden. Letzterer wird daher rechts oder links herum rotieren und das Steuerruder verstellen. Die Rotation dauert bis durch das mit ihm gekuppelte Schneckengetriebe der Hebel bei HR_2 gleiche Stellung wie bei HR_1 hat und der Ausgleichsstrom aufhört. Die Steuerung von *RM* ist daher eine indirekte, erfordert daher keine der Abnutzung durch hohe Stromstärken erforderlichen Apparate und ist äußerst leicht zu bedienen. Eine weitere Ausbildung dieses Schemas zeigt uns

Figur 2. Das *Schaltungsschema der Steuermaschine des russischen Linienschiffes „Retvizan“* nach Ausführungen der „Electro Dynamic Co. of Philadelphia“.

In dieser Anlage ist der Steuerapparat von der anderen elektrischen Anlage des Schiffes unabhängig, da der Erreger *ED* nebst Hauptdynamo *HD* mit einer besonderen Dampfmaschine *AM* direkt gekuppelt angetrieben wird. Unter normalen Verhältnissen liefert die Nebenschlußdynamo *ED*, deren Erregung wie in Fig. 1 der jeweilige Ausgleichsstrom zwischen den Regulatoren *HR* besorgt, den Strom für die Erregung der Hauptdynamo *HD* oder durch Umschalter *U* denjenigen für eine Reserve-Hauptdynamo, sofern die Antriebsdampfmaschine *AM* von *HD* oder diese defekt werden sollte. In diesem Falle wird die Kupplung *K* gelöst und *ED* durch Motor *M* vom Netz angetrieben. Zur Kontrolle richtigen Arbeitens des Rudermotors und zugehörigen Regulators *HR* ist zu diesem parallel ein weiterer Widerstand *RLA* eingeschaltet, dessen Kontakthebel ebenfalls vom Rudermotor *RM* bezw. dessen Vorgelege angetrieben wird. Hierdurch kann an dem Ruderanzeiger *RA* auf der Steuerstation das richtige Arbeiten des Steuerruders kontrolliert werden.

Tafel 106.

Die soeben beschriebene Pfatischer Steuermaschine wird besonders in Amerika verschiedentlich verwendet und gebaut; sie besitzt jedoch der in nachfolgendem beschriebenen Anordnung gegenüber den Nachteil, daß die Geschwindigkeit bei kleinen Ruderlagen erheblich geringer ist, wie bei größeren und daß für sie außer einer kleinen Erregermaschine noch eine spezielle Dynamo erforderlich ist, die, solange der Ruderapparat betriebsbereit sein muß, weder für Beleuchtungs- noch andere Zwecke Energie abgeben kann. Die Pfatischersche Maschine hat anderseits den Vorteil, daß nur ein Elektromotor zur Betätigung des Ruders Verwendung findet.

Die Steuermaschine für den russischen Kreuzer „Diana“ ist nach den Patenten der „Union Elektrizitäts-Gesellschaft“ ausgeführt und beruht auf der Verwendung eines Differentialgetriebes, bei welchem, wie aus Fig. 1 ersichtlich, das eine konische Räderpaar K_1 K_2 durch zwei ständig im entgegengesetzten Drehsinn laufende Elektromotoren M_1 M_2 angetrieben wird. Ist die Tourenzahl der beiden Motoren gleich, so rollen sich die auf den Zapfen des Kreuzstückes gelagerten Räder K_3 und K_4 lediglich auf K_1 und K_2 ab, ohne die mit dem Kreuzstück verkeilte Welle, welche den Steuermechanismus betätigt und durch die Motorwelle von M_2 hindurch geführt ist, in Drehung zu versetzen. Jede Veränderung der Umdrehungszahlen der beiden Motoren gegeneinander hat, je nachdem der Motor M_1 oder M_2 der langsam oder schneller laufende ist, durch die Räder K_1 K_2 eine Drehung der Welle in dem einen oder andern Sinne zur Folge: die Tourenzahl der Welle ist, da das Übersetzungsverhältnis der konischen Räder 1 ist, gleich der halben Differenz der Tourenunterschiede zwischen den beiden Motoren.

Die Elektromotoren laufen beim Stillstand des Ruders mit ca. 300 Umdrehungen pro Minute, beim Legen des Ruders wird die Tourenzahl des einen Motors auf 260 reduziert, die des andern auf 440 gesteigert; es dreht sich dann die Steuerantriebswelle mit 90 Touren pro Minute im Drehsinn des schneller laufenden Motors. Diese Drehrichtung entspräche beispielsweise einer Ruderlage nach Steuerbord; bei Ruderlagen nach Backbord ist es daher nur erforderlich, die Motoren resp. deren Feldstromkreise so zu schalten, daß der vorerst schneller laufende Motor nunmehr der langsam laufende wird und umgekehrt. Die Schaltung der Motoren ist in Fig. 1 schematisch dargestellt. Die beiden Anker von M_1 und M_2 liegen parallel am Netz, wohingegen die Magnetfelder F_1 und F_2 in Serie geschaltet sind. In den Feldstromkreis ist außerdem, um eine genaue Einstellung auf die geeignete maximale und minimale Tourenzahl zu ermöglichen, der Vorschaltwiderstand W_1 gelegt.

Jeder der beiden Elektromotoren M_1 M_2 muß für die Gesamtleistung ausgeführt werden; die Vollbelastung der Maschinen dauert jedoch stets nur wenige Minuten, weshalb die Motoren im Verhältnis zu ihrer Leistung sehr klein gewählt werden können, zumal ein Anlaufen unter Last nie erforderlich ist.

Der für die Änderung der Erregerstromstärke und somit der Tourenzahl notwendige Widerstand ist bei der Anlage in zwei Teile geteilt und zwar befindet sich der eine Teil im Ruderlenker R, der andere W_2 bezw. W_3 in den beiden Endausschaltern EA_1 und EA_2; diese Anordnung mußte deshalb gewählt werden, weil bei normalen Dimensionen des Ruderlenkers dessen Säule nicht ausreichend Platz zu einem richtig bemessenen Widerstande bot, anderseits jedoch durfte der Widerstand auch nicht gänzlich in die Endausschalter eingebaut werden, da die verschiedenen Ruderlenker in verschiedenen Entfernungen von den Motorfeldern aufgestellt sind; die Spannungsverluste

zu den einzelnen Lenkern sind daher verschieden. Der in den Säulen untergebrachte Widerstand bei R_1 und W_1 dient deshalb nur dazu, diese Spannungsdifferenzen so auszugleichen, daß von jedem Lenker aus das Ruder mit derselben Geschwindigkeit gelegt werden kann. Der Widerstand W_1 im Ruderlenker ist durch weitere Widerstände W_2 W_3, die an 2 Kontakte angeschlossen sind und lediglich den Zweck haben beim Ausschalten eine Funkenunterteilung zu bewirken, vergrößert. Aus dem gleichen Grunde sind in den Erdausschaltern EA_1 und EA_2 noch einige Widerstandsstufen angeordnet.

Die erwähnten Endausschalter, EA_1 und EA_2 sind an der Spindel des Ruderapparates montiert und werden in den Hartlagen durch diese ausgerückt; sie haben, um ein Zuweitgehen des Ruders zu vermeiden, den parallel zu dem Motorfeld liegenden Widerstandsstromkreis selbsttätig zu unterbrechen, sofern eine rechtzeitige Ausschaltung durch den Lenker nicht erfolgt.

Die *Leitungsanordnung,* sowie die Verteilung der Hilfsapparate *der kompletten Steuerruderanlage* stellt *Fig.* 7 dar. Die Stromverteilung erfolgt in der Hauptsache durch 3 getrennte Stromkreise: Die von einer der Lichtmaschinen abgehende Hauptleitung führt über eine Bleisicherung *S*, einen doppelpoligen Schalter *HA* und den Anlaßwiderstand *AW*, der für beide Motoranker M_1 M_2 gemeinsam ist, nach den parallel geschalteten Ankern. Auf der Kontaktplatte des Anlassers ist abweichend von der Zeichnung ein selbsttätiger Minimalschalter angebracht, der den Ankerstromkreis unterbricht, sobald eine Störung in dem Feldstromkreis eintritt, wodurch die Möglichkeit des Durchbrennens des Motorankers ausgeschlossen wird. Die Magnetspule des Minimalschalters ist mit der ebenfalls hinter dem Hauptschalter abgezweigten Feldleitung F_1 F_2 in Serie geschaltet; solange also die Stromstärke im Feldstromkreis F_1 F_2 eine gewisse Grenze nicht überschreitet, wird der Anlaßhebel von den Magneten in seiner Endstellung festgehalten; er springt aber mit Hilfe einer Feder sofort in die Nulllage zurück, wenn ein unbeabsichtigtes Sinken der Feldstromstärke eintritt; die beiden Motoren werden dann zum Stillstand gebracht.

Zur Einstellung der Motoren auf gleiche Tourenzahlen ist ein Regulator *R* mit einem Umschalter *U* angebracht, der in gleicher Weise wie die Ruderlenker I—IV mit den Motorfeldern verbunden ist. Die Widerstände von *R* sind in vielen Abstufungen regulierbar, aber wesentlich größer, wie bei den Lenkern, da nur kleine Tourendifferenzen mit ihnen erreicht werden sollen. Der Regulator *R* wird nur einmal eingestellt und dann seine Lage fixiert. Eine Verstellung ist eventl. nur bei großen Temperaturunterschieden, welche möglicherweise den gleichmäßigen Gang der Motoren beeinflussen könnten, erforderlich.

Zwei Leitungsdrähte, die mit dem Kabel der Lenker vereinigt sind, verbinden den Kontrollapparat *KA* mit den Ruderlagezeigern; letztere sind in die Lenker eingebaut und dienen dazu, eine ständige Kontrolle über die jeweilige Ruderlage auszuüben. Die Zuführungsleitungen zu dem Kontrollapparat werden direkt von der Lichtleitung über *WW* abgezweigt.

Die Betäigung des Ruders durch die Ruderlenker erfolgt in der Weise, daß der Hebel des Lenkers I—IV bis an seine Grenzstellung entweder nach Steuer- oder Backbord gedrückt und in dieser Lage so lange festgehalten wird, bis der Ruderzeiger die gewünschte Ruderlage anzeigt. Man hat, um den Stillstand des Ruders zu bewirken, den Hebel, der vermittels zweier im Fuß angeordneter Druckfedern das Bestreben hat, sich in seine Nulllage zurückzubewegen, lediglich loszulassen. Die Widerstände des Lenkers sind, ebenso wie die Kontaktanordnung, in der Säule untergebracht und, um störende Einflüsse auf den Kompaß zu vermeiden, bifilar gewickelt. Die Ruderzeiger mit einer hinter der Skala angeordneten Lampe befinden sich im Kopfe der Lenker, die Lampe dient zur Erleuchtung der Skala bei Nacht. Die einzelnen Lenker werden durch einen an der Säule angebrachten Schalter *a* ein- und ausgeschaltet und sind nach erfolgter Einschaltung ohne weiteres betriebsfähig.

Tafel 107.

Figur 1. Da man gegen die fortdauernde Rotation der Motoren nicht ganz unbegründete Bedenken besonders wegen unnötigen Stromverbrauchs hatte, hat die „Union E.-G.“ nach Entwürfen *Eßbergers* eine *Einmotoren-Steuermaschine* ausgebildet, deren Prinzip ähnlich demjenigen der auf Tafel 92 beschriebenen Schuckertschen Förderanlaßmaschine ist.

Der Motor *StM* ist an die allgemeine Leitung derart angeschlossen, daß die Erregung direkt ihm zufließt, während in den Ankerstrom eine Zusatzdynamo *ZD* eingeschaltet ist, welche das Anlassen, Regulieren und Reversieren in der Weise besorgt, daß durch die Änderung ihrer eigenen Magnetstromstärke die zu den Motorklemmen gelangende Netzspannung geändert bezw. deren Stromrichtung umgekehrt wird. Arbeitet daher die Zusatzdynamo *ZD* entgegengesetzt der Netzstromrichtung, so ist die Spannung am Motor 0 und wird beim Stromloswerden von *ZD* 110 Volt. Wird jetzt *ZD* in anderer Richtung weiter erregt, so addiert sich ihre Spannung zu der der Netzspannung bis 220 Volt, wobei der Motor dann seine höchste Leistung bei schnellster Tourenzahl entwickelt. Die Zeichnung ist nur schematisch ohne Nebenapparate.

---

*) Nähere Beschreibung d. Ruderlageanzeiger bezw. Fernmelder Tafel 108.

Figur 2. Eine neuere *Schaltung für elektrischen Panzerdrehsteuerbetrieb mit zwischengeschalteter Motordynamo* nach Ausführungen der „General Electric Co.“ Schenectady hat den besonderen Vorzug, daß die Stromentnahme für den Betrieb aus dem allgemeinen Netz entnommen werden kann, wodurch die gesamte elektrische Kraftanlage eines derartig eingerichteten Schiffes viel besser ausgenutzt und verteilt werden kann, als wie dies früher bei Systemen der Fall war, welche für jeden Antriebsmotor eine besondere Dynamo haben mußten.

Der dem Leitungsnetz über *HA*, *A* entnommene Strom kann einmal durch den doppelpoligen Hebelschalter *HA* auf den Elevationsmotor *EM* direkt geschaltet werden; dieser Motor *EM* wird durch den zugehörigen Kontrollanlasser in der einen oder anderen Richtung in Gang gesetzt. Das andere Mal führt der Strom über einen zweiten Hebelausschalter zu den parallel liegenden Magnetwicklungen des Motors *M*, des Motorgenerators *MD* und des Transversiermotors *TM*, und ferner über Anlasser *AW* mit Minimalautomaten zum Anker des Motors *M* des Motorgenerators. Die Hauptleitungen des Ankers von *D* sind mit dem Anker von *TM*, Ampèremeter *A* und Ausschalter ferner über den Stromrichtungsumschalter des zugehörigen Kontrollers direkt verbunden. Die dem Motor *TM* von *D* zugeführte Spannungs- und Stromstärke richtet sich nun ganz nach der Leistung der letzteren, welche durch die Regulierung ihres eigenen Erregerstromes, der über *KW* des Kontrollers dem Netz entnommen wird, erhöht oder erniedrigt werden kann.

Tafel 108.

Obwohl den Signal- und Meldeapparaten im Band II Abschnitt 6 ein besonderes Kapitel eingeräumt wird, wollen wir zur Vollständigkeit des vorliegenden Kapitels hier den *Fernmeldeapparat* der „Union E.-G.“ betrachten, welcher *nach dem System der veränderlichen Spannung auf dem Prinzip der Wheatstonschen Brücke* beruht (cf. Steuermaschine Tafel 105).

Figur 1 stellt nun das einfache Leitungsschema in erster und in vereinfachter Anordnung vor. Von der mittleren Kontaktstelle des in einem Stromkreis eingeschalteten Widerstandes *W* ist eine Ableitung zum Voltmeter *V* und zurück zum Drehpunkt des Kontakthebels auf *W* gemacht. In der Mittelstellung erfolgt kein Ausschlag von *V*, da kein Strom hindurchgeht; dreht man aber den Hebel von *W* nach einer Richtung weiter über den Nullpunkt hinaus, so wird durch das Voltmeter ein Strom fließen, welcher von dem Verhältnis des Widerstandes des Voltmeters zu dem abgeschalteten Widerstand abhängig ist, je größer daher der letztere ist, je weiter wird *V* in der entsprechenden Richtung der Kurbeldrehung ausschlagen.

Das vereinfachte Schema beruht auf dem gleichen System. Hier ist jedoch erreicht, daß der Empfänger eines Signals an seinem Geberapparat das Signal beantworten kann, wenn er nämlich an seinem Geber *W* den Hebel in gleiche Stellung wie der das Signal gebende stellt.

Figur 2 stellt nun zwei komplette Stationen mit je 1 Empfänger und 1 Geber dar. Die Stromzuführung geschieht vom Netz über Umschalthebel durch zwei getrennte Leitungen, um eine solche als Reserveleitung benutzen zu können. Jeder Geber besteht aus einem Regulierwiderstand *RW*, jeder Empfänger aus einem Voltmeter System Deprez d'Arsonal mit Nullpunkt in der Mitte; *Sp* ist die bewegliche Spule, *W* ein Vorschaltwiderstand. An jedem Geber ist ein Druckknopf *D* angebracht, durch dessen Betätigung eine zwischen Leitung 4 und 5 eingeschaltete Glocke meldet, daß ein Signal gegeben werden wird.

Tafel 109.

Außer zu den vorstehend beschriebenen Kraftmaschinenbetrieben und zugehörigen Meldeapparaten dient, und zwar sogar zum wesentlichsten Teil, die elektrische Energie Beleuchtungszwecken und hier wiederum den Lichtsignalapparaten.

Figur 1 zeigt uns daher einen *Nachtsignalapparat System Kaselowski* der Deutschen Kriegsmarine.

Die Signallaternen *1*, *2*, *3* mit roten *r* und weißen *w* Lampen sind in der gezeichneten Art mit den Kontakten *1 1*, *2 2*, *3 3* des Signalgebers und über die zugehörigen Bürsten *B* mit der Schaltwalze verbunden. Der Hebel der Schaltwalze des letzteren ist mit einem Morsetaster versehen, sodaß der Stromschluß nach Einstellung des Hebels über den gewünschten Kontakt erst durch Niederdrücken des Hebels erfolgt. Mit dem Geber können 14 verschiedene Signale hervorgerufen werden, welche durch entsprechende Anordnung der Kontaktplatten auf der Walze bedingt werden. Die beiden unteren Kontakte schalten in jeder Stellung den Ersatzlampen Widerstand *W* in entsprechenden Stufen ein, wodurch erreicht wird, daß stets eine ganz gleiche Anzahl Lampen insgesamt brennt, damit die Widerstände des Lichtstärkereglers immer gleich belastet sind, also immer, gleichgültig ob eine oder drei Signallampen brennen, die gerade gewünschte Helligkeit erreicht wird. Der Lichtstärkeregler ist ebenfalls im Signalgeber untergebracht. Zur Transparentenbeleuchtung des Apparates dient Glühlampe *Bl*, welche auch gleichzeitig anzeigt, ob der Apparat bezw. die Stromzuführung in Ordnung ist.

Figur 2. Beim *Nachtsignalapparat der Marine der Vereinigten Staaten* können die Signale mit 4 Laternen mit je einem roten oberen und weißen unteren

Licht (*r* und *w*) gegeben werden, wobei eine Kombination von 41 Schaltungen verwendet wird. Der transparent durch die Glühlampe *PL* erleuchtete Geber *G*, bei dem das Signal auch mittels Umschalters (wie Fig. 1) gegeben wird, besteht aus einem rotierenden Flügel mit Bürsten, welchem 8 halbkreisförmige ausgeschnittene Platten *Wc* gegenüberstehen. Jede Platte steht mit einer Leitung der 8 Lampen in Verbindung. Je nach Schaltung des Kontakthebels werden entsprechende Lampen dann aufleuchten. *U* ist ein Unterbrecher oder Pulsator, welcher dazu dient, Lichtblitze abzugeben.

Figur 3. Zur *Signalisierung* werden ferner die *Toplaternen* benutzt, welche auf dem Großmast und Fockmast angebracht sind und ebenfalls je ein rotes Licht *r* oben und ein weißes *w* unten haben. Das einfache Stromverlaufsschema zeigt die Figur. Es können die Lampen einzeln oder parallel benutzt werden, und zwar abwechselnd die weiße oder rote Lampe je nach Drehung der Schaltwalze. *U* ist wieder ein Pulsator wie früher Fig. 2.

Tafel 110.

Figur 1. Von ganz besonderer Bedeutung sind natürlich wie bekannt für die Marine die *Scheinwerfer*, weshalb wir in der Figur die *mechanische und elektrische Anordnung* eines solchen der „E. A.-G. vorm. Schuckert & Co.“ vorführen. Die Regelung des Lampenmechanismus erfolgt in der Weise, daß zwei Magnetsysteme *M* und *NM* die Bildung des Lichtbogens und der Kohlenkontakte bewirken.

Wenn beim Schließen des Stromes die Kohlen sich noch nicht berühren, wird der Anker von *NM*, durch das rasch aufeinanderfolgende Schließen und Öffnen des Kontaktes *C* durch Feder *F* herauf und herunter bewegt, und nimmt so mit seinem oberen Ansatz das auf der Schneckenwelle *S* sitzende Sperrrad mit, wodurch die Schnecke weitergedreht wird, diese dreht das Schneckenrad S_4 und mit ihm gekuppelte Zahnrad Z_2, welches jetzt die Zahnstangen und so die Kohlen + — aneinander bringt. Berühren sich die letzteren, so wird durch den Hauptstromelektromagnet *M* der Anker *A*, welcher auf der Schneckenwelle sitzt, angezogen, und so die ganze Welle nach links verschoben. Hierdurch und durch die gleichzeitige Verstellung von S_4 und Z_2 in entgegengesetztem Sinne wie vorher wird der Lichtbogen durch Auseinanderziehen der Kohlen gebildet. Bei weiterem Kohlenbrand wächst die Spannung in *NM* derart, daß er wieder seinen Anker anzieht und hierdurch die Schnecke gedreht und die Kohlen einander genähert werden.

Figur 2. Haben wir bisher die Beleuchtung usw. auf Schiffen betrachtet, so wollen wir in nachstehendem eine für die Schiffahrt ebenso un-

entbehrliche Einrichtung besprechen, nämlich *die Einrichtung und Schaltung* eines Leuchtfeuers, speziell diejenige *des neuen Leuchtfeuers auf Helgoland**).

Die im Fußring des Drehtisches, welche die vier Scheinwerfer $S_{\text{I–IV}}$ trägt, von denen wiederum $S_{\text{I–III}}$ um je 120° im Kreise zueinander verstellt sind, angeordnete Stromzuführung besteht aus sechs ringförmigen mit Quecksilber gefüllten Näpfen, in welche die Stromabnehmer eintauchen. Ein Napf bildet den Minuspol, die andern 5 die Pluspole zu den 4 Scheinwerfern den Motor M_2, welcher die untere Plattform mit $S_{\text{I–III}}$ dreht. Die Stromzuführung zu den einzelnen Scheinwerfern geschieht durch die Leitungen I—IV und M_2 über Ampèremeter A, Hebelumschalter H und Vorschaltwiderstände bezw. Anlasser RW. Die obere Plattform mit S_{IV} wird vom Motor M_1 gedreht. Sämtliche Zuleitungen zur oberen bezw. unteren Plattform sind durch Schalter A_1 oder A_2 ein- und auszuschalten, sodaß der Übergang des eines Betriebes mit 3 Feuern zu dem mit einem Feuer schnellstens erfolgen kann.

Tafel 111.

In dieser und der nächsten Tafel wollen wir auch einige Systeme der elektrischen Eisenbahnzugbeleuchtung betrachten.

In der letzten Zeit sind mehrfach und mit gutem Erfolge Versuche mit *elektrischer Eisenbahnzugbeleuchtung* gemacht worden. Früher wählte man hierbei als Stromquelle meistens transportable Akkumulatoren-Batterien, die dann auf der Endstation ausgewechselt und aufgeladen wurden. Da dies Prinzip zu umständlich und auch kostspielig war, ferner infolge der notwendigen Erhöhung des Gewichtes der Batterien eine größere Lampenzahl nicht gespeist werden konnte, versuchte man die Beleuchtung durch Dynamos zu bewirken, die von der Lokomotivachse mit angetrieben werden. Da die Spannung der Maschine, welche nicht von einem besonderen Maschinisten bedient werden kann, aber je nach der Schnelligkeit der Fahrt ab- und zunehmen würde, eventuell bei Stillstand auf 0 ginge, mußte man einmal die Regelung automatisch gestalten und parallel zur Dynamo eine Batterie anordnen, die die Stromlieferung während der langsamen Fahrt und des Stillstandes der Maschine übernimmt. Ferner muß die Vorkehrung getroffen werden, daß sich die Maschine erst einschaltet, wenn sie auf Spannung gekommen ist, und abschaltet, sobald die Spannung fällt.

Für die Praxis haben sich nun einige Schaltungen und Anordnungen als brauchbar bewiesen und sollen dieselben nachstehend beschrieben werden.

Figur 1 und **2**. *Die Anordnung* gehört zur Klasse *der kombinierten Systeme mit Dynamo und Sammlern***).

*) Näheres siehe ETZ 03, Heft 16.

**) cf. Ztschr. f. El. Wien Nr. 4 1903.

Die von der Wagenachse angetriebenen *Dynamos D* nach *„Loppé“* trägt eine Kompoundwicklung *NCp,* dieselbe besteht aber (zum Unterschied von älteren Vorschlägen) aus einer Nebenschluß- *N* und einer separat erregten Spule *Cp*. Der Vorteil dieser Anordnung gegenüber der Serienwicklung besteht darin, daß der Strom in dieser Spule schwächer, die Sammlerbatterie daher kleiner wird und da der Erregerstrom überdies konstant ist, so braucht die Batterie *B* nur für diesen Strom berechnet werden und ist dabei nicht jenen Stromstößen ausgesetzt, welche die Lebensdauer derselben so sehr vermindern.

Die Schaltung der beiden Wicklungen ist derart, daß sich dieselben jederzeit entgegenwirken. Die tatsächlich erzeugte Spannung ist in jedem Augenblick der Geschwindigkeit und dem resultierenden Feld proportional. Fällt also die Geschwindigkeit, so muß, wenn die Spannung konstant bleiben soll, das resultierende Feld verstärkt werden. Das resultierende Feld entsteht aus den resultierenden Ampèrewindungen, d. h. der Differenz aus Nebenschluß und Kompoundwindungen.

Die Wirkungsweise der Maschine ist leicht zu verstehen. Denken wir uns einen Augenblick die Nebenschlußerregung *N* fort. Es wird dann die Spannung der Dynamo direkt proportional der Tourenzahl sein, da infolge der konstanten Separaterregung die Felddichte in der Maschine konstant ist. Schalten wir nun die Nebenschlußwicklung ein, so wird dieselbe von einem Strom durchflossen werden, der von der Klemmenspannung abhängt. Die EMK. der Dynamo wird durch die Gegenwirkung der Nebenschlußspule im ersten Augenblick rapid fallen, dann aber sofort wieder ansteigen, da mit dem Fall der Spannung auch eine Verminderung der Gegenmagnetisierung verbunden ist. Das Ergebnis ist, daß die Spannung der Dynamo praktisch konstant ist und mit steigender Umlaufszahl der Wagenachse nur ganz schwach ansteigt, wie aus den weiter unten mitgeteilten Versuchen ersichtlich ist.

Denken wir uns anderseits die Maschine als reine Nebenschlußmaschine, deren Spannung direkt proportionnl der Tourenzahl ist. Schicken wir bei einer gewissen Geschwindigkeit Strom in die separat erregte Spule und setzen wir voraus, daß die Separatampèrewindungen kleiner sind als die Nebenschlußampèrewindungen, so wird ein Abfall in der Spannung eintreten. Steigern wir die Umlaufszahl fortwährend, so wird die Spannung sich einem unteren Grenzwerte nähern, der sich von der tatsächlich herrschenden Spannung nur wenig unterscheidet.

Bei der praktischen Ausführung des Systemes erfolgt die Separaterregung entweder von den Akkumulatoren B_1 oder $_2$ (Fig. 1) oder von einem kleinen Motorgenerator *MED* (Fig. 2). Der Anordnung Fig. 1 enthält zwei auswechselbare Batterien. LU_1 LU_2 bedeuten die Umschalter, *SA* einen automatischen Maximal- und Minimalausschalter, der die Dynamo von den Lampen abschaltet, wenn die Spannung unter ein gewisses Maß gesunken ist. Bei der Anordnung Fig. 2 wird die Batterie nur zur Beleuchtung, der Motor-

generator *MED* zur Erregung verwendet. Für *M* nimmt man einen Nebenschlußmotor, da die Änderungen der Klemmenspannung unbedeutend sind.

Figur 3. Die Schaltung des *System „Dick“* der vorliegenden Figur beschreibt der Erfinder ungefähr folgendermaßen*). Die wesentlichen Merkmale der Schaltung bestehen darin, daß bei der Ladestellung des Schalters *T* (Tagesbetrieb) ein Relais *R* an die Betriebsleitungen angeschlossen ist, welches zur Vermeidung der Überladung der Batterie durch eine Wicklung 3 des Spannungsreglers *Rw* die Ladespannung unter einer bestimmten Höhe hält. Gleichzeitig ist die eine Hauptstromwicklung 1 von *Rw* mit ihrem Vorschaltwiderstand W_1 ausgeschaltet. Bei Lichtschaltung der Schalters *T* des Nachts dagegen ist Relais *R* ausgeschaltet, Wicklung 1 eingeschaltet. Dadurch wird dann unter geringer Beanspruchung der Batterie der Strombedarf für die Beleuchtung hauptsächlich durch die Dynamos gedeckt. Die Widerstände W_1 und W_2 werden in der Nachtstellung vom Maschinenstrom durchflossen, und sind so bemessen, daß durch den Spannungsverlust in ihnen die Lampenstellung konstant erhalten bleibt. Dadurch kann in dieser Stellung nebenbei eine Ladung der Batterie erfolgen. Dagegen gibt die Dynamo entsprechend dem jeweiligen Spannungsunterschied zwischen Ladespannung und Lampenspannung einen Teilstrom an die Lampen *L* ab, der abhängig von den Wicklungen 1, 2, 4 von *Rw* ist. Diese Wicklungen sind immer so bemessen, daß sie *Rw* ebenso beeinflussen, wie bei der Ladung die Windungen 2 und 4.

Da die Erregung der Magnetschenkel *M* bei Stillstand des Zuges von der Batterie aus erfolgt, so mußte ein Apparat angewandt werden, welcher die Herstellung der richtigen Verbindungen von Dynamo und Batterie entsprechend der Fahrtrichtung herstellt. Dieser Apparat besteht nun aus einer mit drei Paar Kontakthebeln versehenen Wippe; die Hebelpaare sind starr verbunden, jedoch von einander isoliert. Auf dem Ende der Welle der Wippe sitzt ein Anker *A*, welcher von der Dynamo Strom erhält, sobald sie im Betriebe ist. Dieser Anker *A* liegt in dem magnetischen Feld zweier von der Batterie erregten Magnete *M* und stellt sich daher entsprechend der durch die Stromrichtung des Ankers der Dynamo in ihm erzeugten Magnetpole so ein, daß das Umlegen der Wippe entsprechend der Fahrt und demgemäß der Drehrichtung und Stromrichtung des Ankers der Dynamo geschieht; durch das Feld von *M* wird die Wippe gleichzeitig bei Stromlosigkeit von *A* ausgeschaltet. Sobald die Dynamo auf die zum Betriebe nötige Spannung gekommen ist, bewirkt das Solenoid *S* die Einschaltung aufs Netz über *Q*, nachdem zuvor in der erwähnten Weise die Umschaltwippe automatisch eingestellt wurde. Das Ausschalten geschieht bei Spannungsfall ebenfalls automatisch. *W* ist ein Zusatzwiderstand für *Rw*. Selbstverständlich gehören zur Beobachtung noch Voltmeter, Ampèremeter und Stromrichtungszeiger.

*) Näheres der Anordnung usw. siehe ETA. 98, Nr. 17.

Figur 4. Das zweite *System „Vicarino"*, das in Deutschland von den „Akkumulatorenwerken System *Pollak*" eingeführt wurde, wird von deren Direktor Herrn Massenbach folgendermaßen beschrieben. Jeder Wagen erhält eine Dynamomaschine, welche durch Reibung von der Wagenachse angetrieben wird, eine Akkumulatorenbatterie und einen automatischen Umschalter. Die Magnete M der Dynamo sind umgekehrt kompound gewickelt, und zwar dient die dünne Wicklung zur Erregung, während die starke dagegen vom Hauptstrom durchflossen wird. Das Verhältnis der Wicklungen zu einander ist derartig, daß die erzeugte Spannung bei jeder Umlaufsgeschwindigkeit nahezu die gleiche ist.

Bei Stillstand liefert die Batterie den Strom, sobald jedoch die Spannung der Dynamo die nötige Höhe erreicht hat, schaltet der aus Solenoid S und Eisenkern E, Kontakt C mit in E isoliert gelagertem Quecksilbernapf, sowie Quecksilberkontakt q gebildete automatische Umschalter den Maschinenstrom ein, der zur stärkeren magnetischen Wirkung von S und andauerndem Festhalten von E noch um S herumgeleitet wird. Der zwischen Entladung und Parallelbetrieb (bezw. Ladung) entstehende Spannungsunterschied wird durch Widerstand W ausgeglichen, da die Verbindung bei q geöffnet wird und erst wieder sich schließt, wenn die Maschinenspannung fällt, und Eisenkern E durch Sinken den Kontakt C unterbricht. In den Lampenstromkreis wird außerdem ein kleiner Widerstand eingeschaltet, damit die Batterie bei Parallelbetrieb immer eine gewisse Energie aufnehmen kann. Das Gleichbleiben der Stromrichtung in beiden Richtungen der Fahrt wird in einfacher Weise dadurch erreicht, daß die Bürsten mit der Drehrichtung des Ankers um 180° mitgenommen werden, sodaß die Stromrichtung stets dieselbe bleibt und Umschalter vermieden werden. Das Prinzip zeichnet sich besonders durch seine große Einfachheit aus.

Tafel 112.

Figur 1. *Schaltungsweise für elektrische Zugbeleuchtung System Kull mit gleichzeitigem Dynamo- und Batteriebetrieb.*

Der von der Batterie B abgezweigte Relaisstromkreis über So wird vom Schwungkraftregler CR geschlossen und bewirkt durch die Solenoidspule So die Einschaltung der Dynamo D. In dem Relaisstromkreis befindet sich ein Ausschalter ($C_{6,7}$), der nach Beendigung der Ladung bei offener Lichtleitung durch die Spannungsspule SpS den Relaisstrom unterbricht, bei geschlossener Lichtleitung daher durch die in dieser liegenden auf SpS angebrachten Gegenspulen in geschlossener Lage festgehalten wird. Der selbsttätige Ausschalter bei Kontakt $C_{6,7}$ ist mit einer durch Federzug betätigten Sperrklinke a versehen, durch welche der Schalter in offener Stellung gesperrt wird, sobald der Relaisstrom unterbrochen und der an dem Sperrhebel sitzende kleine

Anker nicht durch den Elektromagnet *a* der Spule *m* angezogen wird. Der Zweck dieser letzteren Vorrichtung ist, die Dynamomaschinen bei geladener Batterie solange abgeschaltet zu halten, bis der Batterie Strom entnommen wird.

Figur 2 *a*, *b*. Das *System Stone* für elektrische Eisenbahnzugbeleuchtung hatte im Auslande schon weitere Verbreitung gefunden, ehe es von der „Akkumulatoren- und Elektrizitäts-A.-G. vorm. W. A. Boese & Co.“ in Deutschland eingeführt wurde. Vor Erläuterung der Schaltung wollen wir zunächst die Figur 2 *b* betrachten, in welcher *A* der Anker der Dynamo mit Kollektor *c* ist. Auf der über das nicht angedeutete Lager verlängerten Dynamowelle sitzt der Umschaltapparat mit den die Kontaktmesser tragenden Armen H_1 H_2 und den Kontaktfedern 1—3 und 4 und 5, von denen 3 und 4 etwas kürzer sind als die anderen, sodaß sie zeitlich nach letzteren eingeschaltet werden. Dies Einschalten geschieht bei normaler Tourenzahl durch Druck der durch die Zentrifugalkraft der Gewichte *S* zusammengepreßten Arme *A*, welche gegen den Ring *CR* drücken, die Spiralfeder *F* in der Buchse *H* zusammendrücken und diese mit den Armen $H_{1,2}$ gegen die Kontakte schieben. Bei Nachlassen der Geschwindigkeit zieht die Spiralfeder *Sp* den Zentrifugalregulator mit *GG* zusammen und *F* schaltet die Kontakte aus. Der Zentrifugalregulator ist so eingestellt, daß das Ein- und Ausschalten geschieht, sobald die Dynamo die Spannung erreicht hat bezw. die Spannung infolge Sinkens der Tourenzahl zu niedrig wird. Die Hebel H_1 H_2 sitzen auf der Ankerwelle *We* und werden von dieser entsprechend der Drehrichtung soweit mitgenommen, als es für die Umschaltung des Stromes erforderlich ist. Mit dem Hebel H_1 H_2 ist ein dritter Hebel — in der Zeichnung als Kreissegment angedeutet — starr verbunden, welcher mit Stift *S* den Schalter *H* ein- und ausschaltet, mit *s* Umschalter *U* auf Kontakt *a* oder *b* stellt. *BB* sind die Bürsten der Dynamo, *Ma* der Nebenschluß der Dynamo; der Handumschalter *HU* links oben gestattet auf Kontakt 1 oder 2 ein Brennen einer Lampengruppe, auf 1 und 2 das Brennen aller Lampen, auf Kontakt 3 das Parallelschalten der Batterien *BI BII*. W_1 W_2 sind zwei ungleichgroße Widerstände. Der Kontaktstellung in der Figur liegt die Annahme zugrunde, daß der Zug den Anker *A* in der Pfeilrichtung bewegt. Durch Umschalter *HU* sind die Lampen mit Umschalterkontakt *b* verbunden. Die Arme H_1 H_2 berühren die Kontakte 1—5, *H* ist ausgeschaltet; hierdurch sind Lampen, Batterie und Dynamo eingeschaltet, während gleichzeitig zwischen die negativen Batteriepole W_1 W_2 geschaltet sind und die höhere zur Ladung von Batterie B_1 erforderliche Maschinenspannung auf die Lampenspannung heruntergebracht wird. B_1 wird daher geladen, B_2 und Dynamo arbeiten auf das Netz. Aus den anderen Stellungen ergeben sich die anderen Kombinationen. Die Kürze der Kontaktfedern 3 und 4 erklärt sich daraus, daß der Anker erst eingeschaltet werden soll, nachdem alle Verbindungen hergestellt und die Magnete erregt sind.

Anhang zu Band I.

Vorschriften und Bestimmungen.

I.

Sicherheitsvorschriften

für die

Errichtung elektrischer Starkstrom-Anlagen.

(Gültig vom 1. Januar 1904 ab.)

Herausgegeben vom

Verband Deutscher Elektrotechniker

eingetragener Verein.

(Mit ausdrücklicher Erlaubnis des Verbandes Deutscher Elektrotechniker abgedruckt.)

I. Niederspannung.

Die hierunter stehenden Vorschriften gelten für elektrische Starkstromanlagen, beziehungsweise diejenigen Teile derselben, deren effektive Gebrauchsspannung zwischen irgend zwei gegen Erde isolierten Leitungen 500 V nicht überschreitet und bei denen gleichzeitig die effektive Spannung zwischen irgend einer Leitung und Erde 250 V nicht überschreiten kann; ausgenommen sind jedoch unterirdische Leitungsnetze, elektrische Bahnen und elektrochemische Betriebsapparate. Bei Akkumulatoren ist die Entladespannung maßgebend.

A. Allgemeines.

§ 1.

Pläne.

Für jede Starkstromanlage soll bei Fertigstellung ein Plan und ein Schaltungsschema hergestellt werden.

Der Plan soll enthalten:

a) Bezeichnung der Räume nach Lage und Verwendung. Besonders hervorzuheben sind feuchte oder durchtränkte Räume und

II. Hochspannung.

Die hierunter stehenden Bestimmungen gelten für elektrische Starkstromanlagen, beziehungsweise diejenigen Teile derselben, bei denen die effektive Spannung zwischen irgend einer Leitung und Erde mehr als 250 V beträgt, bezw. im Falle eines Erdschlusses betragen kann; ausgenommen sind jedoch unterirdische Leitungsnetze und elektrische Bahnen. Bei Akkumulatoren ist die Entladespannung maßgebend.

A. Allgemeines.

§ 1.

Pläne.

Für jede Starkstromanlage soll bei Fertigstellung ein Plan und ein Schaltungsschema hergestellt werden.

Der Plan soll enthalten:

a) Bezeichnung der Räume nach Lage und Verwendung. Besonders hervorzuheben sind feuchte oder durchtränkte Räume und

Niederspannung.

solche, in welchen ätzende oder leicht entzündliche Stoffe oder explosible Gase vorkommen.

b) Lage, Querschnitt und Isolierungsart der Leitungen. Der Querschnitt wird in Quadratmillimetern ausgedrückt neben die Leitungslinien gesetzt. Die Isolierungsart wird durch die unten angeführten Buchstaben bezeichnet.

c) Art der Verlegung (Isolierglocken, Rollen, Ringe, Rohre usw.): hierfür sind ebenfalls nachstehend Bezeichnungen angegeben.

d) Lage der Apparate und Sicherungen.

e) Lage und Art der Lampen, Elektromotoren und sonstigen Stromverbraucher.

Das Schaltungsschema soll enthalten:

Querschnitte der Hauptleitungen und Abzweigungen von den Schalttafeln mit Angabe der Belastung in Ampere.

Bei elektrischen Betriebsanlagen ist auch das Schaltungsschema der Stromerzeugungsanlage beizulegen.

Die Vorschriften dieses Paragraphen gelten auch für alle Abänderungen und Erweiterungen.

Der Plan und das Schaltungsschema sind von dem Besitzer der Anlage aufzubewahren.

Für die Pläne sind folgende Bezeichnungen anzuwenden:

× = Feste Glühlampe.

~× = Bewegliche Glühlampe.

⊗5 = Fester Lampenträger mit Lampenzahl (5).

Hochspannung.

solche, in welchen ätzende oder leicht entzündliche Stoffe vorkommen.

Für Fernleitungen und Leitungsnetze muß die Lage der Unterstationen, Transformatoren, Hausanschlüsse, Streckenausschalter, Sicherungen und Blitzschutzvorrichtungen angegeben sein.

b) Lage, Querschnitt und Isolierungsart der Leitungen. Der Querschnitt wird, in Quadratmillimetern ausgedrückt, neben die Leitungslinien gesetzt. Die Isolierungsart wird durch die unten angeführten Buchstaben bezeichnet.

c) Art der Verlegung (Isolierglocken, Rollen, Rohre usw.) und Art des Schutzes; hierfür sind ebenfalls nachstehend Bezeichnungen angegeben.

d) Lage der Apparate und Sicherungen.

c) Lage und Art der Lampen, Elektromotoren und sonstigen Stromverbraucher.

f) Für die Verbrauchsstellen müssen Pläne verwendet sein, auf welche ein großer roter Blitzpfeil eingezeichnet ist und die Spannungen vermerkt sind.

Sind in einem Plan Hoch- und Niederspannungsleitungen eingezeichnet, so sind die Hochspannungsleitungen mindestens am Anfang und Ende durch Blitzpfeil zu kennzeichnen.

g) Sämtliche im Plan eingezeichneten Stangen müssen mit ihren Nummern bezeichnet sein.

Das Schaltungsschema soll enthalten:

Querschnitte der Hauptleitungen und Abzweigungen von den Schalttafeln mit Angabe der Belastung in Ampere.

Bei elektrischen Betriebsanlagen ist auch das Schaltungsschema der Stromerzeugungsanlage beizulegen.

Die Vorschriften dieses Paragraphen gelten auch für alle Abänderungen und Erweiterungen.

Der Plan und das Schaltungsschema sind von dem Besitzer der Anlage aufzubewahren.

Für die Pläne sind folgende Bezeichnungen anzuwenden:

× = Feste Glühlampe.

~× = Bewegliche Glühlampe.

⊗5 = Fester Lampenträger mit Lampenzahl (5).

Niederspannung.

= Beweglicher Lampenträger mit Lampenzahl (3).

Obige Zeichen gelten für Glühlampen jeder Kerzenstärke, sowie für Fassungen mit und ohne Hahn.

= Bogenlampe mit Angabe der Stromstärke (6 Ampere).

= Dauerbrandlampe mit Angabe der Stromstärke (6 Ampere).

= Dynamomaschine bezw. Elektromotor jeder Stromart mit Angabe der höchsten zulässigen Beanspruchung in Kilowatt.

= Akkumulatoren.

= Wandfassung, Anschlußdose mit Angabe der Stromstärke (6 Ampere).

= Einpoliger bezw. zweipoliger bezw. dreipoliger Ausschalter mit Angabe der höchsten zulässigen Stromstärke (6 Ampere).

= Umschalter, desgl.

= Sicherung (an der Abzweigstelle).

= Widerstand, Heizapparate und dergl. mit Angabe der höchsten zulässigen Stromstärke (10 Ampere).

= Desgl., beweglich angeschlossen.

= Transformator mit Angabe der Leistung in Kilowatt (7,5).

= Drosselspule.

= Blitzschutzvorrichtung.

= Spannungssicherung.

= Erdung.

= Blitzpfeil.

Hochspannung.

= Beweglicher Lampenträger mit Lampenzahl (3).

Obige Zeichen gelten für Glühlampen jeder Kerzenstärke, sowie für Fassungen mit und ohne Hahn.

= Bogenlampe mit Angabe der Stromstärke (6 Ampere).

= Dauerbrandlampe mit Angabe der Stromstärke (6 Ampere).

= Dynamomaschine bezw. Elektromotor jeder Stromart mit Angabe der höchsten zulässigen Beanspruchung in Kilowatt.

= Akkumulatoren.

= Wandfassung, Anschlußdose mit Angabe der Stromstärke (6 Ampere).

= Einpoliger bezw. zweipoliger bezw. dreipoliger Ausschalter mit Angabe der höchsten zulässigen Stromstärke (6 Ampere).

= Umschalter, desgl.

= Sicherung (an der Abzweigstelle).

= Widerstand, Heizapparate und dergl. mit Angabe der höchsten zulässigen Stromstärke (10 Ampere).

= Desgl., beweglich angeschlossen.

= Transformator mit Angabe der Leistung in Kilowatt (7,5).

= Drosselspule.

= Blitzschutzvorrichtung.

= Spannungssicherung.

= Erdung.

= Blitzpfeil.

Niederspannung.

= Zweileiter- bezw. Dreileiter- oder Drehstromzähler mit Angabe des Meßbereichs (5 bezw. 20 Kw).

= Zweileiterschalttafel.

= Dreileiterschalttafel oder Schalttafel für mehrphasigen Wechselstrom.

= Einzelleitung.

= Hin- und Rückleitung.

= Dreileiter- oder Drehstromleitung.

= Fest verlegte Mehrfachleitung jeder Art.

= Nach oben führende Steigleitung.

= Nach unten führende Steigleitung.

= Holzmast.

= Eisenmast.

B C Blanker Kupferdraht.
B E Blanker Eisendraht.
G B Gummibandleitung.
G A Gummiaderleitung.
M B Mehrfach - Gummibandleitung.
M A Mehrfach - Gummiaderleitung.
P A Panzerader.
F A Fassungsader.
S B Gummibandschnur.
S A Gummiaderschnur.
P L Pendelschnur.
K B Blanke Kabel.
K A Asphaltierte Kabel.
K E Armierte asphaltierte Kabel.
(g) Verlegung auf Isolierglocken.
(r) Verlegung auf Rollen oder Ringen.

Hochspannung.

= Zweileiter bezw. Dreileiter oder Drehstromzähler mit Angabe des Meßbereichs (5 bezw. 20 Kw.).

= Zweileiterschalttafel.

= Dreileiterschalttafel oder Schalttafel für mehrphasigen Wechselstrom.

= Einzelleitung.

= Hin- und Rückleitung.

= Dreileiter- oder Drehstromleitung.

= Fest verlegte Mehrfachleitung jeder Art.

= Nach oben führende Steigleitung.

= Nach unten führende Steigleitung.

= Holzmast.

= Eisenmast.

B C Blanker Kupferdraht.
B E Blanker Eisendraht.
G A Gummiaderleitung.
S G A 3000 Spezial - Gummiaderleitung mit Angabe der Betriebsspannung (3000 Volt),
M A Mehrfach - Gummiaderleitung.
S M A 1500 Mehrfach Spezial - Gummiaderleitung mit Angabe der Betriebsspannung (1500 Volt).
P A Panzerader.
S P A 3000 Spezial-Panzerader mit Angabe der Betriebsspannung (3000 Volt).
S A Gummiaderschnur.
K B Blanke Kabel.
K A Asphaltierte Kabel.
K E Armierte asphaltierte Kabel.
(g) Verlegung auf Isolierglocken.
(r) Verlegung auf Rollen oder Ringen.

Niederspannung.

(k) Verlegung auf Klemmen.
(o) Verlegung in Rohren.
(f) Schutz durch Eisen.
(l) Schutz durch isolierende Verkleidung.
(n) Schutznetz.
(e) Schutz durch Erdung.

§ 2.

Isolation.

a) Vor Inbetriebsetzung einer Anlage ist durch Isolationsprüfung, womöglich mit der Betriebsspannung, mindestens aber mit 100 V, festzustellen, ob Isolationsfehler vorhanden sind. Das gleiche gilt von jeder Erweiterung der Anlage.

b) Bei diesen Messungen muß nicht nur die Isolation zwischen den Leitungen und der Erde, sondern auch die Isolation je zweier Leitungen verschiedenen Potentiales gegeneinander gemessen werden: im letzteren Falle müssen alle Glühlampen, Bogenlampen, Motoren oder andere, Strom verbrauchende Apparate von ihren Leitungen abgetrennt, dagegen alle vorhandenen Beleuchtungskörper angeschlossen, alle Sicherungen eingesetzt und alle Schalter geschlossen sein. Reihenstromkreise dürfen jedoch nur an einer einzigen Stelle geöffnet werden, die möglichst nahe der Mitte zu wählen ist. Dabei müssen die Isolationswiderstände den Bedingungen des Absatzes d) genügen.

c) Bei Isolationsmessung durch Gleichstrom gegen Erde soll, wenn möglich, der negative Pol der Stromquelle an die zu messende Leitung gelegt werden, und die Messung soll erst erfolgen, nachdem die Leitung während zwei Minuten der Spannung ausgesetzt war.

d) Der Isolationszustand einer Anlage, mit Ausnahme der Teile unter e) und f) soll derart sein, daß der Stromverlust auf jeder Teilstrecke zwischen zwei Sicherungen oder hinter der letzten Sicherung bei der Betriebsspannung ein Milliampere nicht überschreitet. Der Isolationswert einer derartigen Leitungsstrecke muß hiernach wenigstens betragen: 1000 Ohm multipliziert mit der Voltzahl der Betriebsspannung (zB. 220000 Ohm für 220 V Betriebsspannung).

Hochspannung.

(k) Verlegung auf Klemmen.
(o) Verlegung in Rohren.
(f) Schutz durch Eisen.
(l) Schutz durch isolierende Verkleidung.
(n) Schutznetz.
(e) Schutz durch Erdung.

§ 2.

Isolation.

a) Vor Inbetriebsetzung einer Anlage ist durch Isolationsprüfung, womöglich mit der Betriebsspannung, mindestens aber mit 100 V, festzustellen, ob Isolationsfehler vorhanden sind. Das gleiche gilt von jeder Erweiterung der Anlage.

b) Bei diesen Messungen muß nicht nur die Isolation zwischen den Leitungen und der Erde, sondern auch die Isolation je zweier Leitungen verschiedenen Potentiales gegen einander gemessen werden: im letzteren Falle müssen alle Glühlampen, Bogenlampen, Motoren oder andere Strom verbrauchenden Apparate von ihren Leitungen abgeschaltet, dagegen alle vorhandenen Beleuchtungskörper angeschlossen, alle Sicherungen eingesetzt und alle Schalter geschlossen sein. Reihenstromkreise dürfen jedoch nur an einer einzigen Stelle geöffnet werden, die möglichst nahe der Mitte zu wählen ist. Dabei müssen die Isolationswiderstände den Bedingungen des Absatzes d) genügen.

c) Bei Isolationsmessung durch Gleichstrom gegen Erde soll, wenn möglich, der negative Pol der Stromquelle an die zu messende Leitung gelegt werden, und die Messung soll erst erfolgen, nachdem die Leitung während zwei Minuten der Spannung ausgesetzt war.

d) Der Isolationszustand einer Anlage, mit Ausnahme der Teile unter e) und f), soll derart sein, daß jede Teilstrecke zwischen zwei Sicherungen oder hinter der letzten Sicherung bei

250— 300	Volt	mindestens	250000	Ohm
300— 400	„	„	280000	„
400— 500	„	„	330000	„
500— 600	„	„	375000	„
600— 700	„	„	410000	„
700— 800	„	„	440000	„

Niederspannung.

e) Diejenigen Teile von Anlagen, welche in feuchten Räumen, zB. in Brauereien, Färbereien, Gerbereien usw. installiert sind, brauchen der Vorschrift des Absatzes d) nicht zu genügen, sollen aber mit möglichster Sorgfalt isoliert sein. Wo eine größere Anlage feuchte Teile enthält, müssen dieselben bei der Messung nach b) und c) abgeschaltet sein und die trockenen Teile müssen der Vorschrift unter d) genügen.

f) Der Isolationswiderstand von Freileitungen muß bei feuchtem Wetter mindestens 20000 Ohm für das Kilometer einfacher Länge betragen.

§ 3.

Definitionen.

a) Vacat.

Hochspannung.

800— 900 Volt mindestens 460000 Ohm
900—1000 „ „ 480000 „
hat. Von 100 Volt an soll der Widerstand mindestens 500 Ohm für das Volt betragen.

e) Diejenigen Teile von Anlagen, welche in feuchten Räumen, zB. in Brauereien, Färbereien, Gerbereien usw. installiert sind, brauchen der Vorschrift des Absatzes d) nicht zu genügen, sollen aber mit möglichster Sorgfalt isoliert sein. Wo eine größere Anlage feuchte Teile enthält, müssen dieselben bei der Messung nach b) und c) abgeschaltet sein, und die trockenen Teile müssen der Vorschrift unter d) genügen. Vergl. auch § 41.

f) Der Isolationswiderstand von Freileitungen muß bei feuchtem Wetter mindestens 80 Ohm für das Volt und Kilometer einfacher Länge betragen, braucht aber $1^1/_2$ Millionen Ohm nicht zu überschreiten.

g) In Stromerzeugungsanlagen sind Vorrichtungen vorzusehen, durch welche der Isolationszustand auch während des Betriebes kontrolliert werden kann.

§ 3.

Definitionen.

a) Isolierstoffe. Als isolierend gelten fasrige oder poröse Isolierstoffe, die mit geeigneter Isoliermasse getränkt sind, ferner feste Isolierstoffe, die nicht hygroskopisch sind. Diese Stoffe sollen in solcher Stärke verwendet werden, daß sie bei den im Betriebe vorkommenden Temperaturen

bis zu 5000 V	das Doppelte der Betriebsspannung,
von 5000—10000 V	eine Überspannung von 5000 V,
über 10000 V	das $1^1/_2$fache der Betriebsspannung

eine halbe Stunde lang aushalten, ohne durchschlagen zu werden. (Ausnahme siehe § 11 c).

Material wie Holz und Fiber darf nur unter Öl und nur mit geeigneter Isoliermasse imprägniert als Isoliermaterial angewendet werden. Steinplatten sollen keine leitenden Adern enthalten, nur ihre nichtpolierten

Niederspannung.

b) Erdung. Einen Gegenstand im Sinne dieser Vorschriften erden, heißt ihn mit der Erde derart leitend verbinden, daß er eine für unisoliert stehende Personen gefährliche Spannung nicht annehmen kann.

c) Feuersichere Gegenstände. Als feuersicher gilt ein Gegenstand, der nicht entzündet werden kann oder nach Entzündung nicht von selbst weiterbrennt.

d) Freileitungen. Als Freileitungen gelten alle oberirdischen Leitungen außerhalb von Gebäuden, die weder metallische Umhüllung, noch Schutzverkleidung haben. Schutznetze, Schutzleisten und Schutzdrähte gelten nicht als Verkleidung.

e) Elektrische Betriebsräume. Als elektrische Betriebsräume gelten Räume, welche wesentlich zur Erzeugung, Umformung oder Verteilung elektrischer Ströme dienen und in der Regel nur instruiertem Personal zugänglich sind.

f) Betriebsstätten. Im Gegensatze zu den elektrischen Betriebsräumen werden als Betriebsstätten alle diejenigen Räume bezeichnet, in welchen andere als elektrische Betriebsarbeiten normalerweise vorgenommen werden.

g) Feuergefährliche Betriebsstätten und Lagerräume. Als feuergefährliche Betriebsstätten und Lagerräume gelten Räume, in welchen leicht entzündliche Gegenstände erzeugt oder angehäuft werden.

h) Explosionsgefährliche Betriebsstätten und Lagerräume. Als explosionsgefährlich gelten Räume, in denen explosible Stoffe aufgespeichert werden, oder in denen sich betriebsmäßig explosible Gemische von Gasen, Staub oder Fasern bilden oder anhäufen können.

Hochspannung.

Flächen sind durch einen geeigneten Anstrich gegen Feuchtigkeit zu schützen.

Das Isoliermaterial muß derart gestaltet und bemessen sein, daß ein merklicher Stromübergang über die Oberfläche (Oberflächenleitung) unter normalen Umständen nicht eintreten kann.

b) Erdung. Einen Gegenstand im Sinne dieser Vorschriften erden, heißt ihn mit der Erde derart leitend verbinden, daß er eine für unisoliert stehende Personen gefährliche Spannung nicht annehmen kann.

c) Feuersichere Gegenstände. Als feuersicher gilt ein Gegenstand, der nicht entzündet werden kann oder nach Entzündung nicht von selbst weiterbrennt.

d) Freileitungen. Als Freileitungen gelten alle oberirdischen Leitungen außerhalb von Gebäuden, die weder metallische Umhüllung, noch Schutzverkleidung haben. Schutznetze, Schutzleisten und Schutzdrähte gelten nicht als Verkleidung.

e) Elektrische Betriebsräume. Als elektrische Betriebsräume gelten Räume, welche wesentlich zur Erzeugung, Umformung oder Verteilung elektrischer Ströme dienen und in der Regel nur instruiertem Personal zugänglich sind.

f) Betriebsstätten. Im Gegensatze zu den elektrischen Betriebsräumen werden als Betriebsstätten alle diejenigen Räume bezeichnet, in welchen andere als elektrische Betriebsarbeiten normalerweise vorgenommen werden.

g) Feuergefährliche Betriebsstätten und Lagerräume. Als feuergefährliche Betriebsstätten und Lagerräume gelten Räume, in welchen leicht entzündliche Gegenstände erzeugt oder angehäuft werden.

h) Explosionsgefährliche Betriebsstätten und Lagerräume. Als explosionsgefährlich gelten Räume, in denen explosible Stoffe aufgespeichert werden, oder in denen sich betriebsmäßig explosible Gemische von Gasen, Staub oder Fasern bilden oder anhäufen können.

Niederspannung.

B. Beschaffenheit des zu verwendenden Materials.

Alles zu verwendende Material muß, soweit nicht im folgenden ausdrücklich Ausnahmen gemacht sind, den Normalien des Verbandes entsprechen*).

§ 4.

Schalt- und Verteilungstafeln.

a) Für den Aufbau von Schalt- und Verteilungstafeln darf im allgemeinen Holz nicht verwendet werden: nur für Verteilungstafeln bis 0,5 qm ist es als Konstruktions- nicht aber als Isolationsmaterial zulässig; zur Umrahmung darf es überall benutzt werden.

Schalter und alle Apparate, in denen betriebsmäßig Stromunterbrechung stattfindet, müssen derart angeordnet sein, daß etwa im Betriebe der elektrischen Einrichtungen auftretende Feuererscheinungen nicht zündend auf die Nachbarschaft wirken und keine Kurz- oder Erdschlüsse herbeiführen können.

b) Bei Schalttafeln, die betriebsmäßig auf der Rückseite zugänglich sind, darf die Entfernung zwischen ungeschützten, stromführenden Teilen der Schalttafel und der gegenüberliegenden Wand nicht weniger als 1 m betragen. Sind an der letzteren ungeschützte, stromführende Teile in erreichbarer Höhe vorhanden, so muß die horizontale Entfernung bis zu derselben 2 m betragen und der Zwischenraum durch Geländer geteilt sein.

*) Die hier in Betracht kommenden Normalien sind:

1. Normen über einheitliche Kontaktgrößen und Schrauben.
2. Kupfernormalien.
3. Normalien und Kaliberlehren für Lampenfüße und Fassungen mit Edisongewinde.
4. Normalien für Glühlampenfüße und Fassungen mit Bajonettkontakt.
5. Normalien für Steckkontakte.
6. Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial.
7. Normalien für elektrische Maschinen und Transformatoren.
8. Normalien für Leitungen.

Hochspannung.

B. Beschaffenheit des zu verwendenden Materials.

Alles zu verwendende Material muß, soweit nicht im folgenden ausdrücklich Ausnahmen gemacht sind, den Normalien des Verbandes entsprechen*).

§ 4.

Schalt- und Verteilungstafeln.

a) Schalt- und Verteilungstafeln müssen aus feuersicherem Material bestehen. Holz ist nur als Umrahmung zulässig.

Schalter und alle Apparate, in denen betriebsmäßig Stromunterbrechung stattfindet, müssen derart angeordnet sein, daß etwa im Betriebe der elektrischen Einrichtungen auftretende Feuererscheinungen nicht zündend auf die Nachbarschaft wirken und keine Kurz- oder Erdschlüsse herbeiführen können.

b) Schalttafeln müssen entweder mit einem isolierenden Bedienungsgang umgeben sein, und, soweit sie für nicht instruiertes Personal zugänglich sind, müssen sämtliche Teile, die unter Spannung gegen Erde stehen, auf der Bedienungsseite durch Gehäuse vor Berührung geschützt sein. Die gleiche Vorschrift gilt auch für die Rückseite der Schalttafeln, sofern dieselbe überhaupt begehbar ist.

Oder es müssen sämtliche stromführenden Teile, z. B. auch diejenigen der Meß-

*) Die hier in Betracht kommenden Normalien sind:

1. Normen über einheitliche Kontaktgrößen und Schrauben.
2. Kupfernormalien.
3. Normalien und Kaliberlehren für Lampenfüße und Fassungen mit Edisongewinde.
4. Normalien für Glühlampenfüße und Fassungen mit Bajonettkontakt.
5. Normalien für Steckkontakte.
6. Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial.
7. Normalien für elektrische Maschinen und Transformatoren.
8. Normalien für Leitungen.

Niederspannung.

c) Die Kreuzung stromführender Teile an Schalt- und Verteilungstafeln ist möglichst zu vermeiden. Ist dies nicht erreichbar, so sind die stromführenden Teile durch Isolierung voneinander zu trennen, oder derart in genügendem Abstand voneinander zu befestigen, daß Berührung ausgeschlossen ist.

d) Die Polarität bezw. Phase von Leitungsschienen, die hinter der Schalttafel liegen, ist durch farbigen Anstrich kenntlich zu machen.

e) An Verteilungstafeln, welche nicht von der Rückseite aus zugänglich sind, müssen die Leitungen nach Befestigung der Tafel angeschlossen und die Anschlüsse jederzeit von vorn kontrolliert und gelöst werden können.

f) Die Sicherungen auf den Verteilungstafeln sind mit Bezeichnungen zu versehen, aus denen hervorgeht, zu welchen Räumen bezw. Gruppen von Stromverbrauchern sie gehören.

g) Im übrigen wird bezüglich der Ausrüstung der Schalt- und Verteilungstafeln auf die §§ 10—14 verwiesen.

Hochspannung.

instrumente, Sicherungen und Schalter, sofern sie nicht geerdet sind, der Berührung unzugänglich angeordnet sein; die zugänglichen nichtstromführenden Metallteile dieser Apparate und des Gerüstes müssen geerdet und, soweit der Fußboden in der Nähe des Gerüstes leitet, mit diesem leitend verbunden sein.

Bei Schalttafeln, die betriebsmäßig auf der Rückseite zugänglich sind, darf die Entfernung zwischen ungeschützten stromführenden Teilen der Schalttafel und der gegenüberliegenden Wand nicht weniger als 1 m betragen. Sind auf der letzteren ungeschützte stromführende Teile in erreichbarer Höhe vorhanden, so muß die horizontale Entfernung bis zu denselben 2 m betragen und der Zwischenraum durch Geländer geteilt sein. In dem so geschaffenen Gange dürfen bis zur Höhe von 2 m vom Fußboden weder stromführende Teile noch sonstige die freie Bewegung störende Gegenstände vorhanden sein.

c) Die Kreuzung stromführender Teile an Schalt- und Verteilungstafeln ist möglichst zu vermeiden. Ist dies nicht erreichbar, so sind die stromführenden Teile durch Isolierung voneinander zu trennen, oder derart in genügendem Abstand voneinander zu befestigen, daß Berührung ausgeschlossen ist.

d) Die Polarität bezw. Phase von Leitungsschienen, die hinter der Schalttafel liegen, ist durch farbigen Anstrich kenntlich zu machen.

e) An Verteilungstafeln, welche nicht von der Rückseite aus zugänglich sind, müssen die Leitungen nach Befestigung der Tafel angeschlossen und die Anschlüsse jederzeit von vorn kontrolliert und gelöst werden können.

f) Die Sicherungen auf den Verteilungstafeln sind mit Bezeichnungen zu versehen, aus denen hervorgeht, zu welchen Räumen bezw. Gruppen von Stromverbrauchern sie gehören.

g) Im übrigen wird bezüglich der Ausrüstung der Schalt- und Verteilungstafeln auf die §§ 10—14 verwiesen.

Niederspannung.

Leitungsmaterial.

§ 5.

Beschaffenheit und Belastung des Leitungskupfers.

a) Leitungskupfer muß den Normalien des Verbandes Deutscher Elektrotechniker entsprechen. Ausnahmen hiervon sind bei Drähten zulässig, die für Freileitungen bestimmt sind.

b) Isolierte Kupferleitungen und nicht unterirdisch verlegte Kabel dürfen höchstens mit den in nachstehender Tabelle verzeichneten Stromstärken dauernd belastet werden.

Querschnitt in Quadratmillimetern	Betriebsstromstärke in Ampere	Querschnitt in Quadratmillimetern	Betriebsstromstärke in Ampere
0,75	4	95	165
1	6	120	200
1,5	10	150	235
2,5	15	185	275
4	20	240	330
6	30	310	400
10	40	400	500
16	60	500	600
25	80	625	700
35	90	800	850
50	100	1000	1000
70	130		

Blanke Kupferleitungen bis zu 50 qmm unterliegen gleichfalls den Vorschriften der vorstehenden Tabelle, blanke Kupferleitungen über 50 und unter 1000 qmm Querschnitt können mit 2 Ampere für das Quadratmillimeter belastet werden. Auf Freileitungen finden die vorstehenden Zahlenbestimmungen keine Anwendung.

Bei intermittierendem Betriebe ist eine Erhöhung der Belastung über die Tabellenwerte zulässig, sofern dadurch keine größere Erwärmung als bei der der Tabelle entsprechenden Dauerbelastung entsteht.

c) Der geringste zulässige Querschnitt für isolierte Kupferleitung ist 1 qmm, an und in Beleuchtungskörpern $^3/_4$ qmm. Der geringste zulässige Querschnitt von offen verlegten blanken Kupferleitungen in Gebäuden ist 4 qmm, bei Freileitungen 6 qmm.

d) Bei Verwendung von Leitern aus anderen Metallen müssen die Querschnitte so gewählt werden, daß sowohl Festigkeit wie Erwärmung durch den Strom den im vorigen für Kupfer gegebenen Querschnitten entspricht.

Hochspannung.

Leitungsmaterial.

§ 5.

Beschaffenheit und Belastung des Leitungskupfers.

a) Leitungskupfer muß den Normalien des Verbandes Deutscher Elektrotechniker entsprechen. Ausnahmen hiervon sind bei Drähten zulässig, die für Freileitungen bestimmt sind.

b) Isolierte Kupferleitungen und nicht unterirdisch verlegte Kabel dürfen höchstens mit den in nachstehender Tabelle verzeichneten Stromstärken dauernd belastet werden.

Querschnitt in Quadratmillimetern	Betriebsstrom stärke in Ampere	Querschnitt in Quadratmillimetern	Betriebsstromstärke in Ampere
0,75	4	95	165
1	6	120	200
1,5	10	150	235
2,5	15	185	275
4	20	240	330
6	30	310	400
10	40	400	500
16	60	500	600
25	80	625	700
35	90	800	850
50	100	1000	1000
70	130		

Blanke Kupferleitungen bis zu 50 qmm unterliegen gleichfalls den Vorschriften der vorstehenden Tabelle, blanke Kupferleitungen über 50 und unter 1000 qmm Querschnitt können mit 2 Ampere für das Quadratmillimeter belastet werden. Auf Freileitungen finden die vorstehenden Zahlenbestimmungen keine Anwendung.

Bei intermittierendem Betriebe ist eine Erhöhung der Belastung über die Tabellenwerte zulässig, sofern dadurch keine größere Erwärmung als bei der der Tabelle entsprechenden Dauerbelastung entsteht.

c) Der geringste zulässige Querschnitt für isolierte Kupferleitungen ist 1 qmm, an und in Beleuchtungskörpern $^3/_4$ qmm. Der geringste zulässige Querschnitt von offen verlegten blanken Kupferleitungen in Gebäuden ist 4 qmm, bei Freileitungen 10 qmm.

d) Bei Verwendung von Leitern aus anderen Metallen müssen die Querschnitte so gewählt werden, daß sowohl Festigkeit wie Erwärmung durch den Strom den im vorigen für Kupfer gegebenen Querschnitten entspricht.

Niederspannung.

§ 6.

Leitungen.

a) Im nächstfolgenden werden behandelt: Drahtleitungen, Schnurleitungen und Kabel.

b) Drahtmaterialien für Maschinen und Apparate unterliegen den Bestimmungen dieser Vorschriften nicht.

§ 7.

Drahtleitungen.

a) Blanke Leitungen. Hierher gehören blanker Kupferdraht, verzinnter Kupferdraht, verbleiter Kupferdraht, verzinkter und verzinnter Eisendraht, Aluminiumdraht, Draht von Siliciumbronze usw.

(Für andere als Kupferdrähte vgl. § 5 d.)

b) Gummibanddrähte
c) Gummiaderdrähte
d) Mehrfachdrahtleitungen
e) Fassungsadern
} siehe Normalien für Leitungen.

f) Gepanzerte Drahtleitungen bestehen aus je 2 oder mehreren nach c) isolierten Drähten, die mit einer gemeinsamen Hülle und darüber mit einer dichten Metallumklöppelung versehen sind. Gepanzerte Leitungen dürfen nicht direkt in die Erde verlegt werden, sind aber im übrigen den armierten Bleikabeln gleichgestellt.

g) Drahtleitungen anderer Art dürfen nur verwendet werden, wenn sie der in den Normalien für Gummiaderdrähte beschriebenen Wasserprobe, event. unter sinngemäßer Modifikation der Bedingungen genügen.

Hochspannung.

§ 6.

Leitungen.

a) Im nächstfolgenden werden behandelt: Drahtleitungen, Schnurleitungen und Kabel.

b) Drahtmaterialien für Maschinen und Apparate unterliegen den Bestimmungen dieser Vorschriften nicht.

§ 7.

Drahtleitungen.

a) Blanke Leitungen. Hierher gehören blanker Kupferdraht, verzinnter Kupferdraht, verbleiter Kupferdraht, verzinkter oder verzinnter Eisendraht, Aluminiumdraht, Draht von Siliciumbronze usw.

(Für andere als Kupferdrähte vergl. § 5 d.)

b) Gummibandleitung ist unzulässig.

c) Gummiaderleitung (Draht oder Seil) ist zur festen Verlegung geeignet für Gebrauchs-Spannungen bis zu 1000 V und zum Anschluß beweglicher Apparate bis zu 500 V (siehe Normalien für Leitungen).

d) Spezial-Gummiaderleitung (Draht oder Seil) gilt als isolierte Leitung, wenn sie beweglich verlegt ist, bis 1500 V, bei fester Verlegung bis 5000 V und, wenn mit einer luftdicht schließenden Metallumhüllung versehen, bis 12000 V (siehe Normalien für Leitungen).

Sie darf festverlegt auch ohne Metallumhüllung über 5000 V verwendet werden, ist aber dann wie blanke Leitung zu behandeln.

e) Mehrfachleitung (Draht oder Seil) muß bis 1000 V wenigstens aus Gummiaderleitungen bestehen, von 1000 bis 1500 V aus Spezial-Gummiaderleitungen und die in h) erwähnte Schutzhülle kann gemeinsam sein.

f) Fassungsader ist nicht zulässig.

g) Drahtleitungen anderer Art, welche als isolierte Leitungen gelten sollen, müssen eine luftbeständige Isolierung haben und nach 24-stündigem Liegen im Wasser die doppelte Betriebsspannung, mindestens aber

Niederspannung.

§ 8.

Schnüre (biegsame Leitungen).

a) Gummibandschnüre, b) Gummiaderschnüre, c) Pendelschnüre: siehe Normalien für Leitungen.

d) Gepanzerte Schnurleitungen bestehen aus je 2 oder mehreren nach 8 b) isolierten Schnüren, die mit einer gemeinsamen Hülle und darüber mit einer dichten Metallumklöppelung versehen sind. Gepanzerte Schnurleitungen dürfen nicht direkt in die Erde verlegt werden, sind aber im übrigen den armierten Bleikabeln gleichgestellt.

§ 9.

Kabel.

a) Blanke Bleikabel (Bezeichnung KB) bestehen aus einer oder mehreren Kupferseelen, starken Isolierschichten und einem wasserdichten einfachen oder mehrfachen Bleimantel. Sie sind nur zu verwenden, wenn sie gegen mechanische und gegen chemische Beschädigungen geschützt sind.

b) Asphaltierte Bleikabel (Bezeichnung K A) wie die vorigen, aber mit asphaltiertem Faserstoff umwickelt; sie müssen gegen mechanische Beschädigungen geschützt sein.

c) Armierte asphaltierte Bleikabel (Bezeichnung K E) wie die vorigen und mit Eisenband oder -Draht armiert.

Hochspannung.

3000 V, gegen das Wasser eine Stunde lang aushalten.

h) Bewegliche Einzel- und Mehrfachleitungen sind zulässig bis zu Gebrauchsspannungen von 1500 V, wenn sie den Bedingungen der Normalien für Leitungen genügen; sie müssen aber dann noch eine gegen mechanische Verletzung schützende Hülle (z. B. Drahtumhüllung, Metallschlauch, Leder) besitzen.

Bei Gebrauchsspannungen von mehr als 1500 V sind bewegliche Leitungen nicht gestattet.

§ 8.

Schnüre (biegsame Leitungen).

a) Gummibandschnüre sind nicht zulässig.

b) Gummiaderschnüre können bis zu Gebrauchsspannungen von 1000 V fest verlegt und zum Anschluß beweglicher Apparate bis 500 V benutzt werden.

c) Pendelschnüre sind nicht zulässig.

d) Bewegliche Einzel- oder Mehrfachschnurleitungen sind zulässig bis zu Gebrauchsspannungen von 1000 V, wenn sie der in § 7 f) angegebenen Wasserprobe genügen. Sie müssen aber dann noch eine gegen mechanische Verletzungen schützende Hülle (z. B. Drahtumhüllung, Metallschlauch, Leder) besitzen.

Bei Gebrauchsspannungen von mehr als 1000 V sind bewegliche Schnurleitungen nicht gestattet.

§ 9.

Kabel.

a) Blanke Bleikabel (Bezeichnung KB) bestehen aus einer oder mehreren Kupferseelen, starken Isolierschichten und einem wasserdichten einfachen oder mehrfachen Bleimantel. Sie sind nur zu verwenden, wenn sie gegen mechanische und gegen chemische Beschädigungen geschützt sind.

b) Asphaltierte Bleikabel (Bezeichnung K A) wie die vorigen, aber mit asphaltiertem Faserstoff umwickelt; sie müssen gegen mechanische Beschädigungen geschützt sein.

c) Armierte asphaltierte Bleikabel (Bezeichnung K E) wie die vorigen und mit Eisenband oder -Draht armiert.

Niederspannung.

d) Bei eisenarmierten Kabeln für Ein- oder Mehrphasenstrom müssen sämtliche zu einem Stromkreis gehörigen Leitungen in demselben Kabel enthalten sein.

Apparate.

§ 10.

Allgemeines.

a) Die äußeren stromführenden Teile sämtlicher Apparate (Ausnahme siehe § 12) müssen auf feuersicheren und, soweit sie nicht betriebsmäßig geerdet sind, auf in dem Verwendungsraum isolierenden Unterlagen montiert sein.

b) Apparate sind derart zu bemessen, daß sie durch den stärksten normal vorkommenden Betriebsstrom keine für den Betrieb oder die Umgebung bedenkliche Temperatur annehmen können.

c) Die Verbindung der Leitungen mit den Apparaten ist durch Schrauben oder gleichwertige Mittel auszuführen.

Schnüre oder Drahtseile bis zu 6 qmm und Einzeldrähte bis zu 25 qmm Kupferquerschnitt können mit angebogenen Ösen an die Apparate befestigt werden. Drahtseile über 6 qmm, sowie Drähte über 25 qmm Kupferquerschnitt müssen mit Kabelschuhen oder gleichwertigen Verbindungsmitteln versehen sein. Schnüre und Drahtseile von weniger als 6 qmm Querschnitt müssen, wenn sie nicht gleichfalls Kabelschuhe oder gleichwertige Verbindungsmittel erhalten, an den Enden verlötet sein; zum Löten darf die offene Flamme nicht verwendet werden.

d) Apparate müssen so konstruiert sein, daß der für die anzuschließenden Drähte vorgeschriebene Abstand von der Wand auch an den Einführungsstellen gewahrt werden kann.

e) Alle Apparate müssen derart konstruiert und angebracht sein, daß eine Verletzung von Personen durch Splitter, Funken und geschmolzenes Material ausgeschlossen ist.

§ 11.

Ausschalter und Umschalter.

a) Alle Schalter, welche außerhalb elektrischer Betriebsräume verwendet werden

Hochspannung.

d) Bei eisenarmierten Kabeln für Ein- oder Mehrphasenstrom müssen sämtliche zu einem Stromkreis gehörigen Leitungen in demselben Kabel enthalten sein. Entsprechendes gilt für Panzerleitungen.

Apparate.

§ 10.

Allgemeines.

a) Die äußeren stromführenden Teile sämtlicher Apparate (Ausnahme siehe § 12) müssen auf feuersicheren, und soweit sie nicht betriebsmäßig geerdet sind, auf in dem Verwendungsraum isolierenden Unterlagen montiert sein.

b) Apparate sind derart zu bemessen, daß sie durch den stärksten normal vorkommenden Betriebsstrom keine für den Betrieb oder die Umgebung bedenkliche Temperatur annehmen können.

c) Die Verbindung der Leitungen mit den Apparaten ist durch Schrauben oder gleichwertige Mittel auszuführen.

Schnüre oder Drahtseile bis zu 6 qmm und Einzeldrähte bis zu 25 qmm Kupferquerschnitt können mit angebogenen Ösen an die Apparate befestigt werden. Drahtseile über 6 qmm sowie Drähte über 25 qmm Kupferquerschnitt müssen mit Kabelschuhen oder gleichwertigen Verbindungsmitten versehen sein. Schnüre und Drahtseile von weniger als 6 qmm Querschnitt müssen, wenn sie nicht gleichfalls Kabelschuhe oder gleich wertige Verbindungsmittel erhalten, an den Enden verlötet sein: zum Löten darf die offene Flamme nicht verwendet werden.

d) Apparate müssen so konstruiert sein, daß der für die anzuschließenden Drähte vorgeschriebene Abstand von der Wand (vergl. § 29 b) auch an den Einführungsstellen gewahrt werden kann.

e) Alle Apparate müssen derart konstruiert und angebracht sein, daß eine Verletzung von Personen durch Splitter, Funken und geschmolzenes Material ausgeschlossen ist.

§ 11.

Ausschalter und Umschalter.

a) Alle Schalter, welche zur Stromunterbrechung dienen, müssen so konstruiert sein,

Niederspannnng.

sollen, müssen Momentschalter sein, die so konstruiert sind, daß beim Öffnen unter normalem Betriebsstrom kein dauernder Lichtbogen entstehen kann.

b) Metallkontakte sind so zu bemessen, daß bei normalem Betriebsstrom keine ungehörige Erwärmung eintritt. Die Erwärmung gilt als ungehörig

1. bei Dosenausschaltern, wenn die Übertemperatur der Dose 10° C überschreitet.
2. bei Hebelausschaltern, wenn die Übertemperatur der Kontakte 50° C überschreitet,

c) Schalter außerhalb elektrischer Betriebsräume müssen Gehäuse haben. Gehäuse, soweit sie der Berührung zugänglich sind, und Griffe müssen aus nicht leitendem Material bestehen oder mit einer haltbaren Isolierschicht überzogen sein. Für Griffe und Kupplungsstangen ist Holz zulässig.

d) Die normale Betriebsstromstärke und Spannung, für die ein Schalter gebaut ist, sind auf dem festen Teil zu vermerken.

e) Wegen der zulässigen Größenstufen siehe die Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterialien.

Ausgenommen von den Bestimmungen unter c) und d) sind die Ausschalter in elektrischen Betriebsräumen, sowie diejenigen, welche im Freien in unzugänglicher Lage angebracht sind, vergl. § 23.

§ 12.

Steck-Kontakte und dergl.

a) Stecker und verwandte Vorrichtungen zum Anschluß beweglicher Leitungen müssen so konstruiert sein, daß sie nicht in Kontakte für höhere Stromstärken passen.

Die normale Betriebsstromstärke und Spannung sind auf dem festen Teil und auf dem Stecker sichtbar zu vermerken.

Hochspannung.

daß beim vollen Öffnen unter normalen Betriebsstrom kein Lichtbogen bestehen bleibt.

Außerdem ist bei allen Schaltern darauf zu achten, daß die Kapazität des Ausschalters in geöffneter Stellung nicht zu gefährlichen Ladungsströmen Veranlassung gibt.

b) Metallkontakte sind so zu bemessen, daß bei normalem Betriebsstrom keine ungehörige Erwärmung eintritt. Die Erwärmung gilt als ungehörig, wenn die Übertemperatur der Kontakte mehr als 50° beträgt.

c) Schalter müssen so gebaut sein, daß ihre spannungführenden Teile nach der Montage der zufälligen Berührung entzogen sind. Für Griffe und Kupplungsstangen ist Holz zulässig, wenn es mit Isoliermasse imprägniert ist. Bei Spannungen über 1000 V müssen die Griffe so eingerichtet sein, daß sich zwischen der bedienenden Person und den spannungführenden Teilen eine isolierende Strecke, in diesem Falle kein Holz, und eine geerdete Stelle befindet.

d) Die normale Betriebsstromstärke und Spannung, für die ein Schalter gebaut ist, sowie die maximale Stromstärke, bei der er unter der Betriebsspannung ausgeschaltet werden kann, sind auf dem festen Teil zu vermerken.

§ 12.

Steck-Kontakte und dergl.

a) Stecker und verwandte Vorrichtungen zum Anschluß beweglicher Leitungen müssen so konstruiert sein, daß sie nicht in Kontakte für höhere Stromstärken passen.

Die normale Betriebsstromstärke und Spannung sind auf dem festen Teil und auf dem Stecker sichtbar zu vermerken.

Niederspannung.

b) Kontaktvorrichtungen zum Anschluß beweglicher Leitungen müssen, wenn sie Sicherungen enthalten, konstruktionsmäßig allpolig gesichert sein; siehe § 32 b.

c) Bei Steckern, welche für trockene Räume bestimmt sind, darf Hartgummi als Isoliermaterial verwendet werden.

§ 13.

Widerstände und Heizapparate.

a) Die stromführenden Teile von Widerständen und Heizapparaten sind auf feuersicherer gut isolierender Unterlage zu montieren, und soweit sie nicht für elektrische Betriebsräume bestimmt sind, mit einer Schutzhülle aus feuersicherem Material zu verkleiden.

b) Widerstände sind so zu bemessen, daß sie im normalen Betriebe keine für den Betrieb oder die Umgebung bedenkliche Temperatur annehmen.

§ 14.

Schmelz-Sicherungen.

a) Die Abschmelzstromstärke einer Sicherung soll das Doppelte ihrer Normalstromstärke sein. Sicherungen bis einschließlich

Hochspannung.

b) Kontaktvorrichtungen zum Anschluß beweglicher Leitungen müssen, wenn sie Sicherungen enthalten, konstruktionsmäßig allpolig gesichert sein: bei Spannungen von mehr als 500 Volt müssen die Sicherungen außerhalb der Kontaktvorrichtungen angeordnet werden; siehe § 32 b.

c) Steckkontakte müssen innnerhalb widerstandsfähiger nicht-stromführender Hüllen liegen und so angeordnet sein, daß zufällige Berührung stromführender Teile verhindert wird.

d) Steckkontakte zum Anschluß beweglicher Leitungen sind nur bis zu Spannungen von 1500 V zulässig.

e) Wenn die Kontaktvorrichtung nicht so beschaffen oder angebracht ist, daß sie entsprechend den Betriebsbedürfnissen ohne Funkengefahr bedient werden kann, so müssen bezüglich der in § 33 erwähnten Ausschalter Vorkehrungen getroffen sein, welche das Einstecken und Ausziehen des Steckers unmöglich machen, solange die Ausschalter geschlossen sind.

f) Bei Steckern, welche für trockene Räume mit Spannungen bis 500 Volt bestimmt sind, darf Hartgummi als Isoliermaterial verwendet werden.

§ 13.

Widerstände und Heizapparate.

a) Die stromführenden Teile von Widerständen und Heizapparaten sind auf feuersicherer gut isolierender Unterlage zu montieren und, soweit sie nicht für elektrische Betriebsräume bestimmt sind, mit einer Schutzhülle aus feuersicherem Material zu verkleiden. Soweit diese Schutzhülle aus Metall besteht, muß sie geerdet werden.

b) Widerstände sind so zu bemessen, daß sie im normalen Betriebe keine für den Betrieb oder die Umgebung bedenkliche Temperatur annehmen.

c) Heizapparate für mehr als 750 V sind nicht zulässig.

§ 14.

Schmelz-Sicherungen.

a) Die Abschmelzstromstärke einer Sicherung soll das Doppelte ihrer Normalstromstärke sein. Sicherungen bis einschließlich

Niederspannung.

50 A Normalstromstärke müssen mindestens den $1^1/_4$ fachen Normalstrom dauernd tragen können; vom kalten Zustande aus plötzlich mit der doppelten Normalstromstärke belastet, müssen sie in längstens 2 Minuten abschmelzen.

b) Die Sicherungen müssen einzeln bei der Betriebsspannung sicher funktionieren, solche, die für Strom bis zu 30 A bestimmt sind, auch bei der um 10 % erhöhten Betriebsspannung. Zur Sicherheit der Funktion gehört, daß sie abschmelzen, ohne einen dauernden Lichtbogen zu erzeugen, und daß die etwaigen Explosionserscheinungen ungefährlich verlaufen. (Vergleiche die Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial.)

c) Bei Sicherungen dürfen weiche, plastische Metalle und Legierungen nicht unmittelbar den Kontakt vermitteln, sondern die Schmelzdrähte und Schmelzstreifen müssen in Kontaktstücke aus Kupfer oder gleichgeeignetem Metall eingelötet sein.

d) Sicherungen von 6 bis 30 A müssen in dem Sinne unverwechselbar sein, daß die fahrlässige oder irrtümliche Verwendung von Einsätzen für zu hohe Stromstärken ausgeschlossen ist.

e) Die Normalstromstärke und die Maximalspannung sind auf dem Einsatz der Sicherung zu verzeichnen.

Isolier- und Befestigungskörper.

§ 15.

Holzleisten sind verboten, Krampen sind nur zur Befestigung von betriebsmäßig geerdeten Leitungen zulässig, sofern dafür gesorgt ist, daß der Leiter weder mechanisch noch chemisch durch die Art der Befestigung geschädigt wird.

§ 16.

Isolierglocken, -Rollen und -Ringe.

a) Isolierglocken, -Rollen und -Ringe sollen aus Porzellan, Glas oder gleichwertigem Material bestehen.

b) Sie müssen so geformt sein, daß die an ihnen zu befestigenden Leitungen in ge-

Hochspannung.

50 A Normalstromstärke müssen mindestens den $1^1/_4$ fachen Normalstrom dauernd tragen können. Vom kalten Zustande aus plötzlich mit der doppelten Normalstromstärke belastet, müssen sie in längstens 2 Minuten abschmelzen.

b) Die Sicherungen müssen einzeln, auch bei der um 10 % erhöhten Betriebsspannung, sicher funktionieren. Zur Sicherheit der Funktion gehört, daß sie abschmelzen, ohne einen dauernden Lichtbogen zu erzeugen, und daß die etwaigen Explosionserscheinungen ungefährlich verlaufen. (Vergleiche hierzu die Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial.)

c) Bei Sicherungen dürfen weiche plastische Metalle und Legierungen nicht unmittelbar den Kontakt vermitteln, sondern die Schmelzdrähte oder Schmelzstreifen müssen in Kontaktstücke aus Kupfer oder gleichgeeignetem Metall eingelötet sein.

d) Nichtausschaltbare Sicherungen müssen derart konstruiert oder angeordnet sein, daß sie auch unter Spannung mittels geeigneter Werkzeuge gefahrlos ausgewechselt werden können.

e) Die Normalstromstärke und die Maximalspannung sind auf dem Einsatz der Sicherung zu verzeichnen.

Isolier- und Befestigungskörper.

§ 15.

Holzleisten sind verboten. Krampen sind nur zur Befestigung von betriebsmäßig geerdeten Leitungen zulässig, sofern dafür gesorgt ist, daß der Leiter weder mechanisch noch chemisch durch die Art der Befestigung geschädigt wird.

§ 16.

Isolierglocken, -Rollen und -Ringe.

a) Isolierglocken, -Rollen und -Ringe müssen aus Porzellan, Glas oder gleichwertigem Material bestehen. Ringe sind nur gestattet, wenn sie durch Form und Größe eine sichere Isolation verbürgen.

b) Die Glocken, Rollen und Ringe müssen so geformt sein, daß die an ihnen zu be-

Niederspannung.

nügendem Abstand von den Befestigungsflächen gehalten werden können. (Vergl. § 29.)

§ 17.

Klemmen.

a) Klemmen müssen, soweit sie nicht für Bleikabel bestimmt sind, aus hartem Isoliermaterial oder entsprechend isoliertem Material bestehen.

b) Sie müssen so geformt sein, daß die an ihnen zu befestigenden Leitungen in genügendem Abstand von den Befestigungsflächen gehalten werden können.

§ 18.

Rohre.

a) Bei Metall- und Isolierrohren, in denen Leitungen verlegt werden sollen, muß die lichte Weite sowie die Anzahl und der Radius der Krümmungen so gewählt sein, daß man die Drähte jederzeit leicht einziehen und entfernen kann. Die Rohre müssen ferner so eingerichtet sein, daß die Isolierung der Leitungen durch vorstehende Teile und scharfe Kanten nicht verletzt werden kann.

b) Rohre, die für mehr als einen Draht bestimmt sind, müssen mindestens 11 mm lichte Weite haben.

Lampen und Zubehör.

§ 19.

Glühlampen und Fassungen.

a) Die stromführenden Teile der Fassungen müssen auf feuersicherer Unterlage montiert und durch feuersichere Umhüllung, die jedoch nicht unter Spannung gegen Erde stehen darf, vor Berührung geschützt sein.

Hochspannung.

festigenden Leitungen in genügendem Abstand von den Befestigungsflächen gehalten werden können. (Vergl. § 29.)

c) Sie müssen, soweit sie für Gebrauchsspannungen von 2000 V oder mehr dienen sollen, in der Fabrik mit mindestens der doppelten Betriebsspannung geprüft sein.

§ 17.

Klemmen.

Klemmen (nur bedingt zu verwenden, vergl. § 29) müssen entweder durch eine Glocke oder Rolle gestützt oder so ausgebildet sein, daß merkliche Oberflächenleitung ausgeschlossen ist.

§ 18.

Rohre.

a) Bei Metall- und Isolierrohren, in denen Leitungen verlegt werden sollen, muß die lichte Weite, sowie die Anzahl und der Radius der Krümmungen so gewählt sein, daß man die Drähte jederzeit leicht einziehen und entfernen kann. Die Rohre müssen ferner so eingerichtet sein, daß die Isolierung der Leitungen durch vorstehende Teile und scharfe Kanten nicht verletzt werden kann.

b) Rohre, die für mehr als einen Draht bestimmt sind, müssen mindestens 15 mm lichte Weite haben.

c) Verbindungsdosen müssen genügend weit und so eingerichtet sein, daß jeder ungehörige Spannungs- oder Stromübergang ausgeschlossen ist.

d) Rohre dienen wesentlich als mechanischer Schutz; sie müssen dementsprechend aus widerstandsfähigem Material von genügender Stärke bestehen. (Vergl. § 30 a.)

Lampen und Zubehör.

§ 19.

Glühlampen und Fassungen.

a) Die stromführenden Teile der Fassungen müssen auf feuersicherer Unterlage montiert und durch feuersichere Umhüllung, die jedoch nicht unter Spannung gegen Erde stehen darf, vor Berührung geschützt sein.

Niederspannung.

b) Materialien, die entzündlich oder hygroskopisch sind oder in der Wärme Formveränderungen erleiden, dürfen nicht als Bestandteile von Fassungen verwendet werden.

c) Fassungen für Spannungen über 250 V dürfen keine Ausschalter haben.

Die Ausschalter an Fassungen für niedrigere Spannung müssen den Bedingungen des § 11 Absatz a) genügen.

d) Die unter Spannung stehenden Teile der Lampen müssen der zufälligen Berührung entzogen sein.

e) Glühlampen, die in der Nähe von entzündlichen Stoffen angebracht werden sollen, müssen mit Schalen, Schirmen, Schutzgläsern oder Drahtgittern versehen sein, durch welche die Berührung der Lampen mit entzündlichen Stoffen verhindert wird.

§ 20.

Bogenlampen.

a) Bogenlampen dürfen ohne Vorrichtungen, die ein Herausfallen glühender Kohleteilchen verhindern, nicht verwendet werden. Bei Bogenlampen mit eingeschlossenem Lichtbogen (Dauerbrandlampen) sind keine besonderen Vorrichtungen hierfür erforderlich.

b) Die Bogenlampen sind gut isoliert in die Laternen (Gehänge, Armaturen) einzusetzen und diese, sofern sie aufgehängt sind, von Erde zu isolieren.

c) Lampen und Laternen müssen so gebaut sein, daß sich in ihnen kein Wasser ansammeln kann, insbesondere müssen die Einführungsöffnungen für die Leitungen so beschaffen sein, daß die Isolierhüllen nicht verletzt werden und daß sie kein Wasser eindringen lassen.

d) Soweit die Zuleitungsdrähte in den Gebrauchslagen der Lampe der Berührung zugänglich sind, müssen sie isoliert sein.

e) Sollen die Zuleitungsdrähte zugleich als Aufhängevorrichtung dienen, so dürfen die Anschlußstellen der Drähte nicht durch Zug beansprucht und die Drähte nicht verdrillt werden.

Hochspannnng.

b) Materialien, die entzündlich oder hygroskopisch sind oder in der Wärme Formveränderungen erleiden, dürfen nicht als Bestandteile von Fassungen verwendet werden.

c) Fassungen dürfen keine Ausschalter enthalten.

d) Die unter Spannung stehenden Teile der Lampen müssen der zufälligen Berührung entzogen sein.

Vergl. § 35.

§ 20.

Bogenlampen.

a) Bogenlampen dürfen ohne Vorrichtungen, die ein Herausfallen glühender Kohleteilchen verhindern, nicht verwendet werden. Bei Bogenlampen mit eingeschlossenem Lichtbogen (Dauerbrandlampen) sind keine besonderen Vorrichtungen hierfür erforderlich.

b) Die Bogenlampen sind gut isoliert in die Laternen (Gehänge, Armaturen) einzusetzen und diese, sofern sie aufgehängt sind, von Erde zu isolieren.

Wegen Aufhängevorschriften vergl. § 35 b.

c) Lampen und Laternen müssen so gebaut sein, daß sich in ihnen kein Wasser ansammeln kann, insbesondere müssen die Einführungsöffnungen für die Leitungen so beschaffen sein, daß die Isolierhüllen nicht verletzt werden und daß sie kein Wasser eindringen lassen.

d) Soweit die Zuleitungsdrähte in den Gebrauchslagen der Lampe der Berührung zugänglich sind, müssen sie isoliert sein.

e) Die Zuleitungsdrähte dürfen nicht als Aufhängevorrichtung dienen.

Niederspannung.

§ 21.

Beleuchtungskörper, auch Schnurpendel.

a) Die zur Aufnahme von Drähten bestimmten Hohlräume von Beleuchtungskörpern müssen im Lichten soweit bemessen und von Grat frei sein, daß die einzuführenden Drähte sicher ohne Verletzung der Isolierung durchgezogen werden können; die engsten für zwei Drähte bestimmten Rohre müssen wenigstens 6 mm im Lichten haben.

b) In und an Beleuchtungskörpern darf nur Gummiader, mindestens sogenannte Fassungsader, nach den für diesen Zweck ausgearbeiteten Normalien des Verbandes Deutscher Elektrotechniker benutzt werden.

c) Abzweigstellen in Beleuchtungskörpern müssen tunlichst zentralisiert werden.

d) Schnurpendel mit biegsamer Leitungsschnur sind nur dann zulässig, wenn das Gewicht der Lampe nebst Schirm von einer besonderen Tragschnur getragen wird, die mit der Schnur verflochten sein kann. Sowohl an der Aufhängestelle als auch an der Fassung müssen die Leitungsdrähte länger sein als die Tragschnur, damit kein Zug auf die Verbindungsstelle ausgeübt wird.

Hochspannung.

§ 21.

Beleuchtungskörper.

a) Die zur Aufnahme von Drähten bestimmten Hohlräume von Beleuchtungskörpern müssen im Lichten soweit bemessen und von Grat frei sein, daß die einzuführenden Drähte sicher ohne Verletzung der Isolierung durchgezogen werden können; die engsten für zwei Drähte bestimmten Rohre müssen wenigstens 12 mm im Lichten haben.

b) In und an Beleuchtungskörpern muß mindestens Gummiaderleitung verwendet werden. Fassungsader ist ausgeschlossen.

Für Reihenschalter kann Gummiaderleitung auch bei einer Maschinenspannung von mehr als 1000 Volt verwendet werden, soweit zwischen zwei benachbarten Gummiaderleitungen eine geringere Spannung als 1000 V herrscht und die Beleuchtungskörper durch die ganze Art der Montage für die höchste in Betracht kommende Spannung dauernd gegen Erde isoliert und unzugänglich angebracht werden.

c) Abzweig- und Verbindungsstellen in Beleuchtungskörpern sind nicht zulässig.

d) Schnurpendel sind unzulässig.

C. Verlegungsvorschriften.

I. Erdung.

Niederspannung.

§ 22.

a) Alle Verbindungen in Erdungsleitungen müssen durch Verlötung hergestellt sein, doch kann der Anschluß an Erdungsschalter und an dem zu erdenden Gegenstand auch durch Verschrauben hergestellt sein.

b) Der Querschnitt der Erdungsleitungen ist mit Rücksicht auf die zu erwartenden Erdschlußstromstärken zu bemessen. Die Erdungsleitungen müssen gegen mechanische und chemische Beschädigungen geschützt werden.

Hochspannung.

C. Verlegungsvorschriften.

I. Erdung.

§ 22.

a) Alle Verbindungen in Erdungsleitungen müssen durch Verlötung hergestellt sein, doch kann der Anschluß an Erdungsschalter und an dem zu erdenden Gegenstand auch durch Verschrauben hergestellt sein.

b) Der Querschnitt der Erdungsleitungen ist mit Rücksicht auf die zu erwartenden Erdschlußstromstärken zu bemessen. Die Erdungsleitungen müssen gegen mechanische und chemische Beschädigungen geschützt werden.

Niederspannung.

c) Es ist für möglichst geringen Erdungswiderstand Sorge zu tragen.

Als Erdelektroden dienen Platten, Drahtnetze, Gitterwerk und dergl.

Rohrleitungen können zur Erdung mitbenutzt werden, dürfen aber nicht als ausschließliche Erdung dienen.

d) Die in einem Gebäude befindlichen Erdungsleitungen müssen sämtlich unter sich gut leitend verbunden sein.

e) Es ist verboten, Strecken einer geerdeten Betriebsleitung durch Erde allein zu ersetzen.

f) Der neutrale Mittelleiter von Gleichstrom-Dreileitersystemen muß geerdet sein.

2. Freileitungen.

§ 23.

a) Bei Freileitungen kann, wenn die Festigkeitsrücksichten es wünschenswert machen, Kupfer verwendet werden, welches den Normalien des Verbandes Deutscher Elektrotechniker nicht entspricht.

b) Der geringste zulässige Metallquerschnitt von blanken oder isolierten Freileitungen aus Kupfer ist 6 qmm.

c) Freileitungen können mit größeren Stromstärken belastet werden, als der Tabelle in § 5 entspricht.

d) Freileitungen dürfen nur auf Porzellanglocken oder gleichwertigen Isoliervorrichtungen verlegt werden, wobei die Glocken in aufrechter Stellung zu befestigen sind.

e) Freileitungen müssen mindestens 5 m von der Erdoberfläche entfernt sein.

f) Den örtlichen Verhältnissen entsprechend sind Freileitungen durch Blitzschutzvorrichtungen zu sichern, die auch bei wiederholten Entladungen wirksam bleiben.

g) Freileitungen sowie Apparate an Freileitungen sind so anzubringen, daß sie ohne besondere Hilfsmittel nicht zugänglich sind.

Hochspannung.

c) Es ist für möglichst geringen Erdungswiderstand Sorge zu tragen.

Als Elektroden dienen Platten, Drahtnetze, Gitterwerk und dergl.

Rohrleitungen können zur Erdung mitbenutzt werden, dürfen aber nicht als ausschließliche Erdung dienen.

d) Die in einem Gebäude befindlichen Erdungsleitungen müssen sämtlich unter sich gut leitend verbunden sein.

e) Es ist verboten, Strecken einer geerdeten Betriebsleitung durch Erde allein zu ersetzen.

2. Freileitungen.

§ 23.

a) Träger und Schutzverkleidungen von Leitungen, welche mehr als 500 V gegen Erde führen, müssen durch einen deutlich sichtbaren roten Zickzackpfeil (Blitzpfeil) gekennzeichnet sein.

b) Für Freileitungen müssen blanke Leitungen verwendet werden.

Wo ätzende Dünste zu befürchten sind, ist ein schützender Anstrich gestattet.

c) Bei Freileitungen kann, wenn Festigkeitsrücksichten es wünschenswert machen, Kupfer verwendet werden, welches den Normalien des Verbandes Deutscher Elektrotechniker nicht entspricht.

d) Der geringste zulässige Metallquerschnitt von Freileitungen aus hartgezogenem Kupfer oder anderem Material von mindestens gleich großer Zugfestigkeit ist 10 qmm, Leitungen aus Material von geringerer Zugfestigkeit müssen einen entsprechend größeren Querschnitt haben.

e) Auf Zug beanspruchte Verbindungen zwischen Leitungen müssen so ausgeführt werden, daß die Verbindungsstelle mindestens die gleiche Zugfestigkeit besitzt, wie die Leitung selbst.

f) Freileitungen können mit größeren Stromstärken belastet werden als der Tabelle in § 5 entspricht, sofern dadurch ihre Festigkeit nicht merklich leidet.

g) Freileitungen dürfen nur auf Porzellanglocken, Rillenisolatoren oder gleichwertigen Isoliervorrichtungen verlegt werden, wobei

Niederspannung.

h) Sofern in Freileitungen Transformatoren vorkommen, ist die Vorschrift § 25 b) zu befolgen.

i) Bezüglich der Sicherung vorhandener Telephon- und Telegraphenleitungen wird auf das Reichstelegraphengesetz vom 6. April 1892 und auf das Telegraphenwegegesetz vom 18. Dezember 1899 verwiesen.

Hochspannung.

die Glocken in aufrechter Stellung zu befestigen sind.

Es ist darauf zu achten, daß die Leitungsdrähte an den Isolatoren sicher und unverrückbar befestigt werden und daß die Befestigungsstücke keine scheuernde oder schneidende Wirkung auf sie üben.

h) Freileitungen müssen mit ihren tiefsten Punkten mindestens 6 m, bei Wegübergängen mindestens 7 m von der Erde entfernt sein.

i) Spannweite und Durchhang müssen so bemessen werden, daß Gestänge aus Holz mit zehnfacher und aus Eisen mit fünffacher Sicherheit, und Leitungen bei minus 20° C mit fünffacher Sicherheit (bei Leitungen aus hartgezogenem Metall mit dreifacher Sicherheit) beansprucht sind. Dabei ist der Winddruck mit 125 kg für 1 qm senkrecht getroffener Fläche in Rechnung zu bringen.

k) Freileitungen, sowie Apparate an Freileitungen sind so anzubringen, daß sie ohne besondere Hilfsmittel nicht zugänglich sind.

l) Freileitungen in Ortschaften müssen während des Betriebes streckenweise ausschaltbar sein.

m) Wenn eine Leitung über Ortschaften und bewohnte Grundstücke geführt wird oder wenn sie sich einer Fahrstraße soweit nähert, daß die Vorüberkommenden durch Draht- oder Mastbrüche gefährdet werden können, müssen die Leitungsdrähte entweder so hoch angebracht werden, daß im Falle eines Drahtbruches die herabhängenden Enden mindestens 3 m vom Erdboden entfernt sind, oder es müssen Vorrichtungen angebracht werden, welche das Herabfallen der Leitungen verhindern, oder es müssen andere Vorrichtungen vorhanden sein, welche die herabgefallenen Teile selbst spannungslos machen.

n) Sofern in Freileitungen Transformatoren vorkommen, sind die Vorschriften des § 25 zu beachten.

o) Den örtlichen Verhältnissen entsprechend sind Freileitungen mit besonderer Rücksicht auf die mit ihnen verbundenen Generatoren, Motoren und Transformatoren durch Blitzschutzvorrichtungen zu sichern, die auch bei wiederholten Entladungen wirksam bleiben.

Niederspannung.

Hochspannung.

Wenn verschiedene Phasen oder Polaritäten durch benachbarte Blitzableiter gesichert werden, ist darauf zu achten, daß die Erdplatten keine gefährliche Spannung im Boden zwischenliegender Wege oder sonstiger von Menschen begangener Stellen erzeugen.

p) Schutznetze dürfen sowohl offen wie geschlossen konstruiert sein. In beiden Fällen jedoch muß durch ihre Form und ihre Lage den Leitungsdrähten gegenüber dafür gesorgt sein, daß erstens eine zufällige Berührung zwischen dem Netz und den intakten Leitungsdrähten verhindert wird und daß zweitens ein gebrochener Draht auch bei starkem Winde sicher abgefangen wird.

Schutznetze müssen, wo sie nicht gut geerdet werden können, isoliert sein.

q) Bei Winkelpunkten sind Fangbügel anzubringen, welche beim Bruch von Isolatoren das Herabfallen der Leitungen verhindern.

r) Bei Freileitungen, die 1000 V oder mehr führen, müssen Ankerdrähte in einer Höhe von mindestens 3 m mit Abspannisolatoren versehen sein, Eisenmaste müssen, falls sie nicht gut geerdet werden können, bis 2 m Höhe mit einer abstehenden Schutzverkleidung (zB. aus Holz) versehen sein; die Erdleitungen der Blitzableiter müssen bis 2 m Höhe gegen Berührung geschützt sein.

s) Wenn Freileitungen parallel mit anderen Leitungen verlaufen, ist die Führung der Drähte so einzurichten, oder es sind solche Vorkehrungen zu treffen, daß eine Berührung der beiden Arten von Leitungen miteinander verhütet oder ungefährlich gemacht wird.

Bei Kreuzungen mit anderen Leitungen sind Schutznetze oder Schutzdrähte zu verwenden, sofern nicht durch besondere Hilfsmittel eine gegenseitige Berührung auch im Falle eines Drahtbruches verhindert oder ungefährlich gemacht wird.

t) Wenn Niederspannungsleitungen an einem Gestänge für Hochspannung geführt werden, so sind Vorrichtungen anzubringen, die bei Bruch der Leitungen oder der Isolatoren die Berührung der verschiedenen Leitungen miteinander bezw. das Übertreten

Niederspannung.

Hochspannung.

hoher Spannung in die Niederspannungsleitungen verhindern oder ungefährlich machen.

u) Wenn Telephonleitungen an einem Freileitungsgestänge für Starkstrom hoher Spannung geführt sind, so müssen die Telephonstationen eingerichtet sein, daß auch bei eventueller Berührung zwischen den beiderseitigen Leitungen eine Gefahr für die Sprechenden ausgeschlossen ist.

v) Bezüglich der Sicherung vorhandener Telephon- und Telegraphenleitungen wird auf das Reichstelegraphengesetz vom 6. April 1892 und auf das Telegraphenwegegesetz vom 18. Dezember 1899 verwiesen.

3. Einführung von Freileitungen in Gebäude.

§ 24.

Niederspannung: Bei Einführung von Freileitungen aus dem Freien in Gebäude sind entweder die Drähte frei und straff durchzuspannen oder es muß für jede Leitung ein isolierendes und feuersicheres Einführungsrohr verwendet werden, welches auf der Außenseite des Gebäudes eine trichterförmig nach unten gerichtete Mündung hat.

Hochspannung: Bei Einführung von Freileitungen aus dem Freien in Gebäude sind entweder die Drähte frei und straff durchzuspannen oder es muß für jede Leitung ein isolierendes und feuersicheres Einführungsrohr verwendet werden, welches auf der Außenseite des Gebäudes eine trichterförmige nach unten gerichtete Mündung hat. Vergl. hierzu § 27a, Abs. 5.

4. Anlagen in Gebäuden.

4a. Gebäude im allgemeinen.

§ 25.

Aufstellung von Generatoren, Motoren und Transformatoren.

a) Generatoren, Motoren, rotierende Umformer usw. sind so aufzustellen, daß etwaige im Betriebe der elektrischen Einrichtung auftretende Feuererscheinungen keine Entzündung von brennbaren Stoffen hervorrufen können.

b) Der Übertritt von Hochspannung in Stromkreise für Niederspannung sowie das Entstehen von Hochspannung in den letzteren muß verhindert bezw. ungefährlich gemacht werden, zB. durch erdende oder kurzschließende oder abtrennende Sicherungen oder durch dauernde Erdung geeigneter Punkte.

a) Generatoren, Motoren, rotierende Umformer usw. sind so aufzustellen, daß etwaige im Betriebe der elektrischen Einrichtung auftretende Feuererscheinungen keine Entzündung von brennbaren Stoffen hervorrufen können.

b) Der Übertritt von Hochspannung in Stromkreise für Niederspannung sowie das Entstehen von Hochspannung in den letzteren muß verhindert bezw. ungefährlich gemacht werden, zB. durch erdende oder kurzschließende oder abtrennende Sicherungen oder durch dauernde Erdung geeigneter Punkte.

Hochspannung: c) Generatoren und Motoren müssen entweder gut isoliert und in diesem Falle mit einem gut isolierenden Bedienungsgange umgeben sein.

Niederspannung.

§ 26.

Leitungen im allgemeinen.

a) Alle Leitungen müssen so verlegt werden, daß sie nach Bedarf geprüft und ausgewechselt werden können.

Für unterirdisch verlegte Kabel gilt diese Vorschrift nur bezüglich der Prüfung.

b) Soweit festverlegte Leitungen der mechanischen Beschädigung ausgesetzt sind oder soweit sie im Handbereich liegen, müssen sie durch Verkleidungen geschützt werden, die so hergestellt sein sollen, daß die Luft frei durchstreichen kann. Rohre gelten als Schutzverkleidung. Armierte Bleikabel und metallumhüllte Leitungen, sowie sämtliche Leitungen in elektrischen Betriebsräumen unterliegen dieser Vorschrift nicht.

c) Bewegliche biegsame Leitungen dürfen an festverlegte Leitungen nur mittels lösbarer Kontakte (§ 12) angeschlossen werden.

d) Die Verbindung von Leitungen untereinander, sowie die Abzweigung von Leitun-

Hochspannung.

Oder sie sollen geerdet und, soweit der Fußboden in ihrer Nähe leitend ist, mit demselben leitend verbunden sein. Zur Erdung und zur Verbindung mit dem Fußboden sollen Kupferdrähte von mindestens 25 qmm Querschnitt benutzt werden, die gegen schädliche mechanische oder chemische Eingriffe geschützt sind.

In beiden Fällen sollen ihre stromführenden Teile während des Betriebes der zufälligen Berührung entzogen sein.

d) Transformatoren außerhalb elektrischer Betriebsräume müssen entweder allseitig in geerdete Metallgehäuse eingeschlossen oder in besonderen Schutzverschlägen untergebracht sein. Ausgenommen von dieser Vorschrift sind Transformatoren, welche in Freileitungen unzugänglich angebracht sind.

a) An jedem Transformator mit Ausnahme von Meßtransformatoren sollen Vorrichtungen angebracht sein, welche gestatten, das Gestell desselben gefahrlos zu erden.

f) Bei Reihenschaltung von Transformatoren muß dafür gesorgt sein, daß bei Unterbrechung des sekundären Stromkreises eine gefährliche Erhitzung des Transformators nicht eintreten kann.

§ 26.

Leitungen im allgemeinen.

a) Alle Leitungen müssen so verlegt werden, daß sie nach Bedarf geprüft und ausgewechselt werden können.

Für unterirdisch verlegte Kabel gilt diese Vorschrift nur bezüglich der Prüfung.

b) Soweit festverlegte Leitungen der mechanischen Beschädigung ausgesetzt sind oder soweit sie im Handbereich liegen, müssen sie durch Verkleidungen geschützt werden, die so hergestellt sein sollen, daß die Luft frei durchstreichen kann. Armierte Bleikabel und metallumhüllte Leitungen sowie sämtliche Leitungen in elektrischen Betriebsräumen unterliegen dieser Vorschrift nicht. Über Rohre siehe § 30.

c) Bewegliche Leitungen dürfen an festverlegte Leitungen nur mittels lösbarer Kontakte angeschlossen werden. Vergl. hierzu die §§ 7, 8 und 12.

d) Die Verbindung von Leitungen untereinander sowie die Abzweigung von Leitun-

Niederspannung.

gen geschieht mittels Lötung Verschraubung oder gleichwertiger Verbindung.

Abzweigungen von festverlegten Mehrfachleitungen nach § 8 müssen mit Abzweigklemmen auf isolierender Unterlage ausgeführt werden.

e) Zum Löten dürfen keine Lötmittel verwendet werden, welche das Metall angreifen.

f) Bei Verbindungen oder Abzweigungen von isolierten Leitungen ist die Verbindungsstelle in einer der sonstigen Isolierung möglichst gleichwertigen Weise zu isolieren. Die Anschluß- und Abzweigstellen müssen von Zug entlastet sein.

g) Kreuzungen von stromführenden Leitungen unter sich mit sonstigen Metallteilen sind so auszuführen, daß Berührung ausgeschlossen ist. Kann kein genügender Abstand eingehalten werden, so sollen isolierende Rohre übergeschoben oder isolierende Platten dazwischen gelegt werden, um die Berührung zu verhindern. Rohre und Platten sind sorgfältig zu befestigen und gegen Lageveränderung zu schützen.

h) Bei Einrichtungen, bei denen ein Zusammenlegen von mehr als 3 Leitungen unvermeidlich ist (zB. Reguliervorrichtungen) dürfen Gummiaderleitungen so verlegt werden, daß sie sich berühren, wenn eine Lagenveränderung ausgeschlossen ist.

Hochspannung.

gen geschieht mittels Lötung, Verschraubung oder gleichwertiger Verbindung.

e) Zum Löten dürfen keine Lötmittel verwendet werden, welche das Metall angreifen.

f) Bei Verbindungen oder Abzweigungen von isolierten Leitungen ist die Verbindungsstelle in einer der sonstigen Isolierung möglichst gleichwertigen Weise zu isolieren. Die Anschluß- und Abzweigstellen müssen von Zug entlastet sein.

g) Kreuzungen von stromführenden Leitungen unter sich und mit sonstigen Metallteilen sind so auszuführen, daß Berührung ausgeschlossen ist.

h) Ist das Zusammenlegen von mehreren Leitungen unvermeidlich, so sind oberhalb 1000 V Spezial-Gummiaderleitungen oder Kabel zu verwenden.

i) Alle nicht betriebsmäßig geerdeten Leitungen, mit Ausnahme von Kabeln, in und an Gebäuden müssen durch Schutzverkleidung gegen Berührung und Beschädigung gesichert sein. Diese Schutzverkleidung muß die in §§ 27—29 vorgeschriebenen Abstände haben und, soweit sie der Berührung durch Personen zugänglich ist, aus feuchtigkeitsbeständigem Isoliermaterial (mit Isoliermasse imprägniertes Holz ist zulässig) oder aus geerdetem Metall bestehen. Netze müssen in diesem Fall höchstens 5 cm Maschenweite und wenigstens $1\,^1/_2$ mm Drahtdicke haben.

k) Wenn die äußere Metallhülle von Kabeln und Panzerleitungen zuverlässig geerdet werden kann, so genügt diese Erdung. Anderenfalls müssen sie, soweit sie der Berührung zugänglich sind, durch eine Verkleidung geschützt werden, welche entweder

Niederspannung.

§ 27.

Wand- und Deckendurchführung.

a) Durch Wände und Decken sind die Leitungen entweder der in den betr. Räumen gewählten Verlegungsart entsprechend hindurchzuführen oder es sind haltbare Rohre aus Isoliermaterial zu verwenden, und zwar für jede einzeln verlegte Leitung und für jede Mehrfachleitung je ein Rohr.

Diese Durchführungsrohre müssen an den Enden mit Tüllen aus feuersicherem Isoliermaterial versehen und so weit sein, daß die Drähte leicht darin bewegt werden können.

In feuchten Räumen sind entweder Porzellanrohre zu verwenden, deren Enden nach Art der Isolierglocken ausgebildet sind, oder die Leitungen sind frei durch genügend weite Kanäle zu führen.

Über Fußböden müssen die Rohre mindestens 10 cm vorstehen und gegen mechanische Beschädigungen sorgfältig geschützt sein.

b) Armierte Bleikabel, metallumhüllte Leitungen, sowie betriebsmäßig geerdete Leitungen fallen nicht unter die Bestimmungen dieses Paragraphen, sind aber gegen die Einflüsse der Mauerfeuchtigkeit zu schützen, zB. durch Anstrich.

Hochspannung.

isolierend ist oder aus geerdetem Metall besteht.

l) Wenn eine Leitung an der Außenseite eines Gebäudes geführt ist, so darf, einerlei ob sie blank oder isoliert ist, ihr Abstand von der äußeren Gebäudewand oder der Schutzverkleidung an keiner Stelle weniger als 2 cm für je 1000 V, muß aber mindestens 10 cm betragen.

§ 27.

Wand- und Deckendurchführungen.

a) Durch Wände und Decken sind die Leitungen entweder der in den betreffenden Räumen gewählten Verlegungsart entsprechend hindurchzuführen, oder es sind haltbare Rohre aus Isoliermaterial zu verwenden, und zwar für jede einzeln verlegte Leitung und für jede Mehrfachleitung je ein Rohr.

Diese Durchführungsrohre müssen an den Enden mit Tüllen aus feuersicherem Isoliermaterial versehen und so weit sein, daß die Drähte leicht darin bewegt werden können

In feuchten Räumen sind entweder Porzellanrohre zu verwenden, deren Enden nach Art der Isolierglocken ausgebildet sind, oder die Leitungen sind frei durch genügend weite Kanäle zu führen.

Über Fußböden müssen die Rohre mindestens 10 cm, über Decken und Wandflächen mindestens 5 cm vorstehen und müssen gegen mechanische Beschädigungen sorgfältig geschützt sein.

Für Spannungen über 1000 V muß entweder unter Innehaltung einer Entfernung von 2 cm für je 1000 V, mindestens aber von 5 cm zwischen Wand und Leitung, ein Kanal hergestellt werden, welcher die Durchführung der Leitung von Isolierglocken aus gestattet, oder es sind Porzellan- oder gleichwertige Isolierrohre zu verwenden, deren Enden mindestens 5 cm aus der Wand hervorragen, nach außen und nach feuchten Räumen hin aber als Isolierglocken ausgebildet sein müssen. Für jede Leitung ist, abgesehen von Mehrfachleitungen, ein besonderes Rohr vorzusehen.

b) Armierte Bleikabel und betriebsmäßig geerdete Leitungen fallen nicht unter die Bestimmungen dieses Paragraphen, sind aber gegen die Einflüsse der Mauerfeuchtigkeit zu schützen z. B. durch Anstrich.

Niederspannung.

§ 28.

Blanke Leitungen in Gebäuden.

a) Offen verlegte blanke Leitungen aus Kupfer oder anderen Metallen von mindestens gleicher Bruchfestigkeit müssen einen Minimalquerschnitt von 4 qmm haben.

b) Sie dürfen nur auf Isolierglocken oder gleichwertigen Vorrichtungen verlegt werden und müssen, soweit sie nicht unausschaltbare Parallelzweige sind, bei Spannweiten von mehr als 6 m mindestens 20 cm, bei Spannweiten von 4 bis 6 m mindestens 15 cm und bei kleineren Spannweiten mindestens 10 cm voneinander, in allen Fällen aber mindestens 10 cm von der Wand bezw. von Gebäudeteilen entfernt sein.

Bei Verbindungsleitungen zwischen Akkumulatoren, Maschinen und Schalttafeln bei Zellenschalterleitungen und bei parallel geführten Speise-, Steig- und Verteilungsleitungen können starke Kupferschienen sowie starke Kupferdrähte in kleineren Abständen voneinander verlegt werden.

c) Blanke Leitungen außerhalb elektrischer Betriebs- und Akkumulatorenräume sind gegen zufällige Berührung zu schützen.

d) Betriebsmäßig geerdete blanke Leitungen fallen nicht unter die Bestimmungen b) und c) dieses Paragraphen, müssen aber gegen die bei normaler Benutzung des betreffenden Raumes vorauszusetzenden Beschädigungen geschützt sein.

Isolierte Drähte und Schnurleitungen.

§ 29.

Verlegung mit Glocken, Rollen, Ringen und Klemmen.

a) Glocken sollen nur in aufrechter Stellung bezw., wenn eine Neigung nicht zu vermeiden ist, so angebracht werden, daß sich kein Wasser in ihnen ansammeln kann.

b) Glocken, Rollen, Ringe und Klemmen, die zur Verlegung von Draht- und Schnurleitungen dienen, müssen so angebracht

Hochspannung.

§ 28.

Blanke Leitungen in Gebäuden.

a) Blanke Leitungen außerhalb elektrischer Betriebs- und Akkumulatorenräume sind nur als Kontaktleitungen, und zwar nur bis zu 1000 V gestattet. Bei mehr als 1000 V sind sie nur in elektrischen Betriebs- und Akkumulatorenräumen zulässig.

b) Sie dürfen nur auf Isolierglocken oder gleichwertigen Vorrichtungen verlegt werden und müssen, soweit sie nicht unausschaltbare Parallelzweige sind, von einander, von der Wand oder anderen Gebäudeteilen und von der eigenen Schutzverkleidung nicht weniger als 1 cm für je 1000 V, mindestens aber 10 cm entfernt sein. Die Spannweite der Leitungen soll, wo nicht besondere Verhältnisse eine Abweichung bedingen, nicht mehr als 3 m betragen.

Bei Verbindungsleitungen zwischen Akkumulatoren, Maschinen und Schalttafeln, bei Zellenschalterleitungen und bei parallel geführten Speise-, Steig- und Verteilungsleitungen können starke Kupferschienen, sowie starke Kupferdrähte in kleineren Abständen von einander verlegt werden.

c) Betriebsmäßig geerdete blanke Leitungen fallen nicht unter die Bestimmungen dieses Paragraphen, müssen aber gegen die bei normaler Benutzung des betreffenden Raumes vorauszusetzenden Beschädigungen geschützt sein.

Isolierte Drähte und Schnurleitungen.

§ 29.

Verlegung mit Glocken, Rollen usw.

a) Wegen des zu verwendenden Materials vergl. die §§ 16 und 17.

b) Glocken, Rollen usw., die zur Verlegung von Leitungen dienen, müssen so angebracht werden, daß sie die Leitungen bis

Niederspannung.

werden, daß sie die Leitungen mindestens 10 mm von der Wand entfernt halten.

c) Bei Führung der Leitungen auf Rollen längs der Wand muß auf höchstens 80 cm eine Befestigungsstelle kommen. Bei Führung an der Decke können den örtlichen Verhältnissen entsprechend größere Abstände ausnahmsweise gewählt werden.

d) Mehrfachleitungen dürfen nicht so befestigt werden, daß ihre Einzelleiter auf einander gepreßt werden. Metallene Bindedrähte sind bei ungepanzerten Mehrfachleitungen unzulässig. Für Führung der Leitung auf Rollen gilt die Vorschrift unter b).

e) Mehrfachleitungen dürfen nicht zur Aufhängung von Lampen usw. benutzt werden, soweit sie nicht eine besondere Tragschnur enthalten (vgl. § 21 d).

§ 30.

Verlegung in Rohren.

a) Papierrohre ohne Metallüberzug dürfen nicht unter Putz verlegt werden.

b) Drahtverbindungen innerhalb der Rohre sind nicht statthaft.

c) Die lichte Weite der Rohre, die Zahl und der Radius der Krümmungen, sowie die Anzahl und Lage der Verbindungsdosen müssen so gewählt sein, daß man die Drähte leicht einziehen und entfernen kann.

d) Leitungen, welche Wechsel- oder Mehrphasenstrom führen, müssen, wenn sie in metallenen oder metallüberzogenen Rohren liegen, so zusammengelegt werden, daß die Summe der durch das Rohr gehenden Ströme

Hochspannung.

500 V mindestens 1 cm, bis 1000 V, mindestens 2 cm; oberhalb 1000 V mindesten 1 cm für je 1000 V, zum wenigsten aber 5 cm von der Wand entfernt halten.

Isolierende Schutzverkleidungen müssen von den Leitungen mindestens 5 cm abstehen.

c) Es ist unzulässig zwei oder mehr Drähte von verschiedener Polarität oder Phase in eine Klemme zulegen.

d) Bei Führung der Leitungen auf gewöhnlichen Rollen längs der Wand muß auf höchstens 80 cm eine Befestigungsstelle kommen. Bei Führung an der Decke können den örtlichen Verhältnissen entsprechend größere Abstände ausnahmsweise gewählt werden.

e) Mehrfachleitungen dürfen nicht so befestigt werden, daß ihre Einzelleiter auf einander gepreßt werden. Metallene Bindedrähte sind bei Mehrfachleitungen unzulässig. Für Führung von Mehrfachleitungen auf Rollen gilt die unter b) gegebene Abstandsvorschrift.

f) Mehrfachleitungen dürfen nur dann zur Aufhängung von Bogenlampen und Glühlampen benutzt werden, wenn sie eine besondere Tragschnur enthalten.

§ 30.

Verlegung in Rohren.

a) Rohre dürfen nur für Spannungen bis 500 Volt unter Putz verlegt werden. Alle Rohre sollen einen metallenen Körper oder Überzug haben, der so stark ist, daß er den nach den Ortsverhältnissen zu erwartenden mechanischen Angriffen sicher widersteht.

b) Drahtverbindungen innerhalb der Rohre sind nicht statthaft.

c) Die lichte Weite der Rohre, die Zahl und der Radius der Krümmungen, sowie die Anzahl und Lage der Verbindungsdosen müssen so gewählt sein, daß man die Drähte leicht einziehen und entfernen kann.

d) Leitungen, welche Wechsel- oder Mehrphasenstrom führen, müssen so zusammengelegt werden, daß die Summe der durch das Rohr gehenden Ströme Null ist. (Vergleiche auch § 26 h.)

Niederspannung.

null ist. Im übrigen ist es gestattet, drei Drähte bis zu 6 qmm Kupferquerschnitt in ein einziges Rohr zu (verlegen vgl. außerdem § 26 h).

e) Rohre für mehr als einen Draht müssen mindestens 11 mm lichte Weite haben.

f) In Metallrohren, auch solchen mit Längsschlitz, ohne isolierende Auskleidung müssen die Drähte mindestens nach § 7 c) isoliert sein.

g) Die Rohre sind so herzurichten, daß die Isolierung der Leitungen durch vorstehende Teile und scharfe Kanten nicht verletzt werden kann.

h) Die Rohre sind so zu verlegen, daß sich an keiner Stelle Wasser ansammeln kann.

§ 31.

Verlegung von Kabeln.

a) Bleikabel jeder Art dürfen nur mit Endverschlüssen, Muffen oder gleichwertigen Vorkehrungen, welche das Eindringen von Feuchtigkeit verhindern und gleichzeitig einen guten elektrischen Anschluß gestatten, verwendet werden.

b) Blanke und asphaltierte Bleikabel dürfen nur da verlegt werden, wo sie gegen die im normalen Betriebe zu erwartenden mechanischen Beschädigungen geschützt sind.

Bei blanken Bleikabeln ist außerdem besondere Vorsicht gegen chemische Einflüsse geboten.

c) An den Befestigungsstellen ist darauf zu achten, daß der Bleimantel nicht eingedrückt oder verletzt wird; Rohrhaken sind daher nur bei armierten Kabeln und Panzerleitungen als Befestigungsmittel zulässig.

Anbringung von Sicherungen, Schaltern und anderen Apparaten.

§ 32.

Anbringung der Sicherungen.

a) Die neutralen oder Nullleitungen bei Mehrleiter- oder Mehrphasensystemen, sowie

Hochspannung.

e) Rohre für mehr als eine Leitung müssen mindestens 15 mm lichte Weite haben.

f) Jede Leitung, die in ein Rohr eingezogen werden soll, muß für sich die der Spannung entsprechende Isolierung haben.

g) Die Rohre sind so herzurichten, daß die Isolierung der Leitungen durch vorstehende Teile und scharfe Kanten nicht verletzt werden kann.

h) Die Rohre sind so zu verlegen, daß sich an keiner Stelle Wasser ansammeln kann.

i) Die Stoßstellen der Rohre sind metallisch zu verbinden, und die Rohre sind zu erden.

§ 31.

Verlegung von Kabeln.

a) Bleikabel jeder Art dürfen nur mit Endverschlüssen, Muffen oder gleichwertigen Vorkehrungen, welche das Eindringen von Feuchtigkeit verhindern und gleichzeitig einen guten elektrischen Anschluß gestatten, verwendet werden.

b) Blanke und asphaltierte Bleikabel dürfen nur da verlegt werden, wo sie gegen die im normalen Betriebe zu erwartenden mechanischen Beschädigungen geschützt sind.

Bei blanken Bleikabeln ist außerdem besondere Vorsicht gegen chemische Einflüsse geboten.

c) An den Befestigungsstellen ist darauf zu achten, daß der Bleimantel nicht eingedrückt oder verletzt wird; Rohrhaken sind daher nur bei armierten Kabeln und Panzerleitungen als Befestigungsmittel zulässig. (Vergl. hierzu § 26 k.)

d) Prüfdrähte sind so anzuschließen, daß sie nur zu Messungen am eigenen Kabel dienen.

Anbringung von Sicherungen, Schaltern und anderen Apparaten.

§ 32.

Anbringung von Sicherungen.

a) Alle betriebsmäßig geerdeten Leitungen dürfen keine Sicherungen enthalten; dagegen

Niederspannung.

alle betriebsmäßig geerdeten und als solche gekennzeichneten Leitungen dürfen keine Sicherungen enthalten; dagegen sind alle übrigen Leitungen, welche von der Schalttafel nach den Verbrauchsstellen führen, durch Abschmelzsicherungen oder andere selbsttätige Stromunterbrecher zu schützen.

b) Mit einziger Ausnahme der Fälle e) und f) sind Sicherungen an allen Stellen anzubringen, wo sich der Querschnitt der Leitungen in der Richtung nach der Verbrauchsstelle hin vermindert.

Außerdem sind lösbare Kontakte am festen Teil allpolig zu sichern.

c) Bei Verjüngungsstellen und Abzweigungen kann das Anschlußleitüngsstück von der Hauptleitung zur Sicherung, wenn seine einfache Länge nicht mehr als 1 m beträgt, von geringerem Querschnitt sein als die Hauptleitung; es ist aber in diesem von Falle entzündlichen Gegenständen feuersicher zu trennen und darf nicht aus Mehrfachleitungen hergestellt sein. Beträgt die einfache Länge mehr als 1 m, so muß das Anschlußleitungsstück bis zur Sicherung den gleichen Querschnitt haben, wie die unmittelbar vorangehende Hauptleitung.

d) Die Stärke der zu verwendenden Sicherung ist der Betriebsstromstärke der zu schützenden Leitung anzupassen.

e) Mehrere Verteilungsleitungen können eine gemeinsame Sicherung von höchstens 6 A Normalstromstärke erhalten. Querschnittsverminderungen oder Abzweigungen jenseits dieser Sicherung brauchen in diesem Falle nicht weiter gesichert zu werden. Bei größeren Beleuchtungskörpern können ausnahmsweise gemeinsame Sicherungen für höchstens die doppelte Stromstärke zugelassen werden, wenn die Spannung nicht mehr als 130 V beträgt.

f) Bei Querschnittsverkleinerungen sind in den Fällen, wo die vorhergehende Sicherung den schwächeren Querschnitt schützt, weitere Sicherungen nicht mehr erforderlich.

g) Die Sicherungen sind möglichst zu zentralisieren und in handlicher Höhe anzubringen.

h) Wegen Abzweigung biegsamer Leiter zum Anschluß beweglicher Lampen, Motoren und Apparate siehe § 26c) und oben Absaz. b).

Hochspannung.

sind alle übrigen Leitungen, welche von der Schalttafel nach den Verbrauchstellen führen, durch Abschmelzsicheringen oder andere selbsttätige Stromunterbrecher zu schützen.

b) Mit einziger Ausnahme des Falles f) sind Sicherungen an allen Stellen anzubringen, wo sich der Querschnitt der Leitungen in der Richtung nach der Verbrauchsstelle hin vermindert.

Außerdem sind lösbare Kontakte (vergl. § 12) am festen Teil allpolig zu sichern.

c) Wenn eine Verjüngung eintritt, muß die Sicherung unmittelbar an der Verjüngungsstelle liegen; bei Abzweigungen muß das Anschlußleitungsstück bis zur Sicherung hin den Querschnitt der Hauptleitung haben.

d) Die Stärke der zu verwendenden Sicherung ist der Betriebsstromstärke der zu schützen den Leitung anzupassen.

e) Bei der Anbringung von Schmelzsicherungen ist darauf zu achten, daß das Durchbrennen derselben keinen Kurz- oder Erdschluß zwischen benachbarten Leitern untereinander oder mit leitenden Gebäudeteilen veranlaßt.

f) Bei Querschnittsverkleinerungen sind in den Fällen, wo die vorhergehende Sicherung den schwächeren Querschnitt schützt, weitere Sicherungen nicht mehr erforderlich.

Niederspannung.

§ 33.

Anbringung von Ausschaltern.

a) Null-Leiter und betriebsmäßig geerdete Leitungen dürfen außerhalb elektrischer Betriebsräume entweder garnicht oder nur zwangsläufig zusammen mit den zugehörigen Außenleitern ausschaltbar sein.

b) Alle Ausschalter mit Ausnahme derjenigen in einzelnen Glühlampen-Stromkreisen müssen, wenn sie geöffnet werden, ihren Stromkreis spannungslos machen.

§ 34.

Anbringung von Apparaten, insbesondere auch Widerständen und fest montierten Heizapparaten.

a) Die stromführenden Teile aller in eine Leitung eingeschalteten Apparate müssen bei Verwendung außerhalb elektrischer Betriebsräume derart geschützt sein, daß sie sowohl der Berührung durch Unbefugte entzogen als auch von brennbaren Gegenständen feuersicher getrennt sind.

Hochspannung.

§ 33.

Anbringung von Ausschaltern.

a) Null-Leiter und betriebsmäßig geerdete Leitungen dürfen außerhalb elektrischer Betriebsräume entweder garnicht oder nur zwangläufig zusammen mit den übrigen zugehörigen Leitern ausschaltbar sein.

b) Ausschalter für Stromverbraucher müssen, wenn sie geöffnet werden, ihren Stromkreis allpolig abschalten.

c) Bei Spannungen von mehr als 1000 V muß zwischen der bedienenden Person und dem die Kontakte tragenden Teil des Schalters sich ein isolierendes Zwischenstück und eine geerdete Stelle befinden.

d) Steckkontakte zum Anschluß beweglicher Leitungen müssen mittels besonderer Ausschalter abschaltbar sein.

§ 34.

Anbringung von Apparaten, insbesondere auch Widerständen und fest montierten Heizapparaten.

a) Die stromführenden Teile aller in eine Leitung eingeschalteten Apparate müssen derart geschützt sein, daß sie sowohl der Berührung durch Unbefugte entzogen, als auch von brennbaren Gegenständen feuersicher getrennt sind.

Meßapparate, deren Gehäuse nicht an sich gegen die Betriebsspannung sicher isolieren, müssen geerdete Gehäuse haben oder von Schutzkästen umgeben oder hinter Glasplatten verlegt sein, sodaß auch ihre Gehäuse gegen Berührung geschützt sind. Auch die an Meßtransformatoren angeschlossenen Meßgeräte unterliegen dieser Vorschrift, wenn nicht die Meßtransformatoren selbst eine Isolationsprüfung zwischen Hoch- und Niederspannungswicklung, entsprechend den Bedingungen in § 3, bestanden haben.

Bei Sicherungen, Schaltern und anderen Hilfsapparaten müssen alle Teile, welche Spannung annehmen können, soweit sie im Handbereich sind, durch einzelne Schutzkästen oder gemeinsamen Abschluß (zB. Anbringung hinter einer Schalttafel) gegen Berührung geschützt sein. Diese Bestimmung gilt nicht für Apparate und deren Zuleitungen, soweit

Niederspannung.

b) Bei Einführung von Leitungen muß der für die Leitung vorgeschriebene Abstand von der Wand gewahrt werden.

c) Widerstände sind auf feuersicherem, gut isolierendem Material zu montieren und mit einer Schutzhülle aus feuersicherem Material zu umkleiden. Sie dürfen nur auf feuersicherer Unterlage, und zwar freistehend, oder an feuersicheren Wänden angebracht werden.

d) Fest montierte Heizapparate und solche Widerstände, bei denen eine Erwärmung auf mehr als Handwärme eintreten kann, sind derart anzuordnen, daß eine Berührung zwischen den wärmeentwickelnden Teilen und entzündlichen Materialien sowie eine feuergefährliche Erwärmung derartiger Materialien nicht stattfinden kann.

§ 35.

Anbringung von Beleuchtungskörpern.

a) An und in Beleuchtungskörpern darf nur Draht verwendet werden, der mindestens den Normalien des Verbandes entspricht.

b) Wird die Leitung an der Außenseite des Beleuchtungskörpers geführt, so muß sie so befestigt sein, daß sie sich nicht verschieben kann.

c) Beleuchtungskörper müssen so angebracht werden, daß die Zuführungsdrähte nicht durch Drehen des Körpers verletzt werden können.

Hochspannung.

sie in besonders dafür bestimmten abgeschlossenen Räumen oder an unzugänglichen Stellen angebracht sind. Vergl. hierzu § 4 b.

b) Bei Einführung von Leitungen muß der für die Leitungen vorgeschriebene Abstand von Gebäudeteilen gewahrt werden.

c) Widerstände sind auf feuersicherem, gut isolierendem Material zu montieren und mit einer Schutzhülle aus feuersicherem Material zu umkleiden. Sie dürfen nur auf feuersicherer Unterlage, und zwar freistehend, oder an feuersicheren Wänden angebracht werden.

d) Heizapparate (nur bis 750 V, vergl. § 13 c) und solche Widerstände, bei denen eine Erwärmung auf mehr als Handwärme eintreten kann, sind derart anzuordnen, daß eine Berührung zwischen Wärme entwickelnden Teilen und entzündlichen Materialien, sowie eine feuergefährliche Erwärmung derartiger Materialien nicht stattfinden kann.

§ 35.

Anbringung von Bogen- und Glühlampen, sowie auch Beleuchtungskörpern.

a) Die Laternen (Gehänge, Armaturen) von Bogenlampen sind, sofern sie aufgehängt sind, von Erde zu isolieren.

b) Die Lampe muß entweder gegen das Aufzugsseil und, wenn Metallmasten benutzt sind, auch gegen den Mast doppelt isoliert sein, oder Seil und Mast sind zu erden. Bei Spannungen von mehr als 1000 V müssen diese beiden Vorschriften gleichzeitig befolgt werden. Stromführende Teile von Bogenlampenkuppelungen müssen gegen den Mast doppelt isoliert und gegen Regen geschützt sein.

c) Bogenlampen müssen während des Betriebes unzugänglich und müssen von Abschaltvorrichtungen abhängig sein, welche gestatten, sie für den Zweck der Bedienung spannungslos zu machen.

d) Die etwa vorhandenen metallischen Außenteile von Glühlampenarmaturen müssen geerdet oder so angebracht sein, daß sie nur mittels besonderer Hilfsmittel wie Leitern usw. zugänglich sind.

e) Bei Serienbeleuchtungen muß in oder neben jeder Lampe, einerlei ob Bogen- oder

Niederspannung.

4b. Die Behandlung verschiedenartiger Räume.

§ 36.

Elektrische Betriebsräume.

a) In elektrischen Betriebsräumen sind Leitungen jeder Art, auch blanke Leitungen zulässig, letztere besonders in Form von Kupferschienen oder massivem Kupferdraht mit Anstrich, welcher die Polarität oder Phase kenntlich macht.

b) Sicherungen, Ausschalter und sonstige Apparate dürfen auch ohne Schutzkasten verwendet werden, doch ist in allen Fällen dafür Sorge zu tragen, daß durch etwaige beim Betrieb auftretende Feuererscheinungen weder Menschen noch brennbare. Stoffe gefährdet werden.

c) Leitungen bedürfen keiner Verkleidung.

d) Aus- und Umschalter brauchen nicht Momentschalter zu sein.

§ 37.

Akkumulatorenräume.

a) In Akkumulatorenräumen ist für Lüftung zu sorgen.

b) Die einzelnen Zellen sind gegen das Gestell und letzteres ist gegen Erde durch Glas, Porzellan oder ähnliche nicht hygro-

Hochspannung.

Glühlampe, eine Vorrichtung angebracht sein, welche, im Falle die Lampe erlischt, dafür sorgt, daß an den Zuführungskontakten der Lampe selbst keine Spannungszunahme von mehr als 100 % auftritt.

f) Transportable Beleuchtungskörper sind nicht gestattet.

g) An und in Beleuchtungskörpern muß mindestens Gummiaderleitung verwendet werden.

h) Bei zugänglichen Beleuchtungskörpern dürfen die Leitungen nur innen geführt werden.

i) Beleuchtungskörper müssen so angebracht werden, daß die Zuführungsdrähte nicht durch Drehen des Körpers verletzt werden können.

k) Zugängliche Beleuchtungskörper sind nur bis 600 V gestattet. Ihre Metallkörper müssen geerdet sein. Es ist nicht gestattet, ein und denselben Beleuchtungskörper für Gas und Elektrizität zu benutzen.

4b. Die Behandlung verschiedenartiger Räume.

§ 36.

Elektrische Betriebsräume.

a) In elektrischen Betriebsräumen sind blanke Leitungen zulässig, besonders in Form von Schienen oder massivem Draht mit Anstrich, welcher die Polarität oder Phase kenntlich macht.

b) Isolierte Leitungen für Spannungen unter 1000 V bedürfen keiner Verkleidung. Isolierte Leitungen für Spannungen über 1000 V und blanke Leitungen für jede Spannung müssen entweder der Berührung unzugänglich angeordnet oder durch Abschluß in besonderen Räumen oder durch Verkleidung vor Berührung geschützt sein.

§ 37.

Akkumulatorenräume.

a) In Akkumulatorenräumen ist für Lüftung zu sorgen.

b) Die einzelnen Zellen sind gegen das Gestell und letzteres ist gegen Erde durch Glas, Porzellan oder ähnliche nicht hygro-

Niederspannung.

skopische Unterlagen zu isolieren. Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, um beim Auslaufen von Säure eine Gefährdung des Gebäudes zu vermeiden.

c) Zur Beleuchtung von Akkumulatorenräumen darf nur elektrisches Glühlicht verwendet werden.

d) Die Batterien müssen derart angeordnet werden, daß bei der Bedienung eine zufällige gleichzeitige Berührung von Punkten, zwischen denen eine Spannung von mehr als 250 V herrscht, nicht erfolgen kann.

§ 38.

Trockene Räume ohne leicht entzündlichen Inhalt.

a) In trockenen Räumen sind alle Arten von Leitungen zulässig, wobei sämtliche Vorschriften der §§ 25 bis 35 zu beachten sind.

In bewohnten Räumen darf jedoch mit Ausnahme von betriebsmäßig geerdeten Leitern kein blanker Draht benutzt werden.

b) Für Drähte ist in Anlagen von mehr als 250 V Gebrauchsspannung nur Isolation nach § 7 c zulässig.

c) Gummiaderschnur darf sowohl fest verlegt, als auch zum Anschluß beweglicher Stromverbraucher verwendet werden. Bei fester Verlegung ist die Schnur im Handbereich und an gefährdeten Stellen nach § 26 b) zu schützen.

d) Gummibandschnur darf nicht unter Putz und nicht für Spannungen von mehr als 125 V fest verlegt werden; als Anschlußleitung für bewegliche Stromverbraucher ist sie nicht zu verwenden.

e) Bei Schnüren jeder Art müssen die Anschluß- und Verbindungsstellen vom Zug entlastet und es müssen die einzelnen Drähte jedes Leiters, wenn sie nicht Kabelschuhe oder gleichwertige Verbindungsmittel erhalten, an den Enden miteinander verlötet sein. Verbindungen von solchen Schnüren

Hochspannung.

skopische Unterlagen zu isolieren. Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, um beim Auslaufen von Säure eine Gefährdung des Gebäudes zu vermeiden.

c) Zur Beleuchtung von Akkumulatorenräumen darf nur elektrisches Glühlicht verwendet werden.

d) Die Batterien müssen mit einem isolierenden Bedienungsgang umgeben und so angeordnet sein, daß bei der Bedienung eine zufällige gleichzeitige Berührung von Punkten, zwischen denen eine Spannung von mehr als 250 V herrscht, nicht erfolgen kann.

Die Bestimmungen c und d finden keine Anwendung auf die sogenannten Hochspannungsbatterien von Laboratorien.

§ 38.

Trockene Räume ohne leicht entzündlichen Inhalt.

a) In trockenen Räumen sind alle in §§ 7 bis 9 der Vorschriften für höhere Spannung zugelassenen Leitungsmaterialien verwendbar, wobei sämtliche Vorschriften der §§ 25 bis 35 zu beachten sind.

b) In Wohnräumen dürfen Lampen und Konsumapparate im Anschluß an Netze oder Maschinen von mehr als 600 V überhaupt nicht angebracht werden. Etwa durchgehende Hochspannungsleitungen müssen außer Handbereich liegen und außerdem durch Verkleidungen geschützt sein.

Niederspannung.

unter sich oder zwischen Schnüren und anderen Leitungen dürfen nicht durch Verlötung, sondern müssen durch Verschraubung auf isolierender Unterlage hergestellt sein.

§ 39.

Feuergefährliche Betriebsstätten.

a) Die Umgebung von Dynamomaschinen, Elektromotoren, Transformatoren, rotierenden Umformern, Widerständen usw. muß von entzündlichem Material frei gehalten werden können.

b) Bei Anordnung von Sicherungen, Schaltern und ähnlichen Apparaten, in denen betriebsmäßig Stromunterbrechung stattfindet, ist besonders auf sichere Schutzhüllen aus isolierendem Material zu achten.

c) Bogenlampen mit offenem Lichtbogen müssen metallene Aschenteller haben, welche im Betrieb in ihrer Lage festgehalten sind.

d) Für festverlegte Leitungen sind nur Leitungen nach § 7 b) bis g), über 250 V Gebrauchsspannung nur solche nach § 7 c) und f), sowie Kabel zulässig. Die Drahtleitungen müssen in Rohren verlegt werden.

e) Für bewegliche Leitungen ist nur biegsame Mehrfachleitung nach § 8 b) und d) zulässig.

§ 40.

Explosionsgefährliche Betriebsstätten und Lagerräume

mit Ausnahme von Schlagwettergruben.

a) In solchen Räumen dürfen Dynamomaschinen, Elektromotoren, Transformatoren, Umformer und Widerstände nur in besonderen luft- und staubdichten Schutzkästen aufgestellt werden.

b) Ausschalter und Sicherungen dürfen in denselben nicht angebracht werden.

c) Blanke Leitungen und Mehrfachleitungen sind unzulässig.

d) Drahtleitungen müssen Isolierung nach § 7 c) haben und in Rohre eingeschlossen sein.

e) Es sind nur Glühlampen zulässig, welche im luftleeren Raume brennen. Dieselben müssen mit dicht schließenden Überglocken, welche auch die Fassung dicht einschließen, verwendet werden.

Hochspannung.

§ 39.

Feuergefährliche Betriebsstätten.

a) Spannungen über 1000 V sind in feuergefährlichen Betriebsstätten nicht zulässig.

Die Umgebung von Dynamomaschinen, Elektromotoren, Transformatoren, rotierenden Umformern, Widerständen usw. muß von entzündlichem Material freigehalten werden können.

b) Bei Anordnung von Sicherungen, Schaltern und ähnlichen Apparaten, in denen betriebsmäßig Stromunterbrechung stattfindet, ist besonders auf sichere Schutzhüllen aus isolierendem Material zu achten.

c) Bogenlampen mit offenem Lichtbogen müssen metallene Aschenteller haben, welche im Betriebe in ihrer Lage festgehalten sind.

d) Es sind nur Leitungen nach § 7 c), d), e), g) und h) (darunter auch Panzeradern) und Kabel zulässig.

Festverlegte Drahtleitungen müssen in Rohren verlegt sein.

§ 40.

Explosionsgefährliche Betriebsstätten und Lagerräume.

In solchen Räumen ist Hochspannung nicht zulässig.

Niederspannung.

§ 41.

Feuchte Räume

mit Ausnahme von Bergwerken.

a) Die nach feuchten Räumen führenden Leitungen müssen abschaltbar sein.

b) Blanke Leitungen müssen in einem Abstand von mindestens 10 cm voneinander und 10 cm von der Wand auf Porzellanglocken oder mit gleichwertigen Isolatoren verlegt werden. Sie sollen mit einem in der Feuchtigkeit haftenden und haltbaren Anstrich versehen sein.

c) Isolierte Drahtleitungen müssen eine Isolierung nach § 7 c) haben.

d) Bei beweglichen Lampen muß die Doppelleitung durch eine starke schmiegsame Umhüllung gegen Beschädigung geschützt sein.

e) Apparate sind nach Möglichkeit nicht in feuchten Räumen unterzubringen; läßt sich dies nicht vermeiden, so sind dieselben gleichwertig wie die Leitungen zu isolieren.

f) Bei offen verlegten Leitungen für Gebrauchsspannungen über 250 V ist der Schutz gegen Berührung besonders zu beachten.

§ 42.

Räume mit ätzenden Dünsten.

In Räumen, in welchen ätzende Dünste auftreten, sollen außer Kabeln nur blanke Leitungen verwendet werden, die durch einen geeigneten Überzug (Verkleidung oder Anstrich zB. mit Porzellan-Emaillelack) gegen chemische Beschädigung geschützt sind. Auch die Kabel sind je nach der Art der Dünste gegen chemische Angriffe zu schützen.

§ 43.

Durchtränkte Räume.

Diejenigen Teile von industriellen und gewerblichen Betrieben, in denen erfahrungsgemäß durch ungewöhnlich starke oder gutleitende Feuchtigkeit die dauernde Erhaltung normaler Isolation erschwert und der Widerstand des Körpers der darin beschäftigten Personen gegen Erde erheblich vermindert wird, werden abgekürzt als „Durchtränkte Räume“ bezeichnet.

Hochspannung.

§ 41.

Feuchte Räume

mit Ausnahme von Bergwerken.

a) Die nach feuchten Räumen führenden Leitungen müssen abschaltbar sein.

b) Blanke Leitungen dürfen nicht verwendet werden. Oberhalb 1000 V sind nur Kabel zulässig.

c) Die in § 29b) vorgeschriebenen Wandabstände sind für feuchte Räume zu verdoppeln.

d) Apparate sind nach Möglichkeit nicht in feuchten Räumen unterzubringen; läßt sich dies nicht vermeiden, so sollen sie gleichwertig wie die Leitungen vom Gebäude isoliert sein.

e) Der Schutz gegen Berührung (vergl. § 26b und i) ist besonders zu beachten.

§ 42.

Räume mit ätzenden Dünsten.

Spannungen über 1000 V sind nicht zulässig.

Unter 1000 V sind nur Kabel zulässig, welche je nach Art der Dünste gegen chemische Angriffe geschützt sein müssen.

§ 43.

Durchtränkte Räume.

In durchtränkten Räumen ist Hochspannung nicht zulässig.

Niederspannung.

a) Für durchtränkte Räume gelten die Vorschriften des § 41 und außerdem die folgenden Zusatzbestimmungen.

b) An geeigneten Stellen sind Tafeln anzubringen, welche in deutlich erkennbarer Schrift vor der Berührung der elektrischen Leitungen warnen.

c) Lampen, die ohne besondere Hilfsmittel zugänglich sind, müssen isolierende und feuchtigkeitsbeständige Armaturen haben. Hahnfassungen sind verboten.

d) Bogenlampen müssen während des Betriebes unzugänglich sein und dürfen während der Bedienung nicht unter Spannung stehen.

§ 44.

Schaufenster, Warenhäuser und ähnliche Räume, in welchen leicht entzündliche Stoffe aufgestapelt sind.

a) Für Beleuchtungen, welche ihren Standort nicht wechseln, müssen die Leitungen, soweit sie mit den leicht entzündlichen Stoffen in Berührung kommen können, bis in die Lampenträger, bezw. in die Anschlußdosen vollständig durch Rohre geschützt sein.

b) Beleuchtungskörper, welche ihren Standort wechseln, sind entweder

1. mit metallumhüllter Mehrfachleitung oder
2. mittels besonders geschützter Mehrfachleitung ohne Metallmantel abzuzweigen.

Im Falle 1 ist das eine Ende der Metallumhüllung mit dem Metallmantel der Fassung leitend zu verbinden, das andere Ende ist mittels Hilfskontaktes an eine geerdete Hilfsleitung anzuschließen. Dieser Kontakt muß so beschaffen sein, daß er beim Einschalten früher als die Stromkontakte geschlossen wird. Die drei Kontakte müssen gegeneinander unverwechselbar sein.

Die metallenen Gebäudeteile und Lampenträger des betreffenden Raumes sind mit der Hilfsleitung ebenfalls leitend zu verbinden. Der Querschnitt der Hilfsleitung muß mindestens gleich dem der betreffenden Abzweigleitung sein. Die Hilfsleitung darf keine Sicherung enthalten und muß geerdet sein.

In Anlagen mit einem geerdeten Leiter gilt die Verbindung mit diesem als Erde.

Im Falle 2 sind nur Leitungen mit einer Isolierung mindestens nach § 8 b) dieser Vor-

Hochspannung.

§ 44.

Schaufenster, Warenhäuser und ähnliche Räume, in welchen leicht entzündliche Stoffe aufgestapelt sind.

In Schaufenstern, Warenhäusern und ähnlichen Räumen, in welchen leicht entzündliche Stoffe aufgestapelt sind, ist Hochspannung nicht zulässig.

Niederspannung.

schriften zulässig. Diese müssen ferner zum Schutz gegen mechanische Beschädigung mit einem Überzug aus widerstandsfähigem Material (zB. Segeltuch, Leder, Hanfschnurumklöppelung) versehen sein.

c) Sämtliche Schalter, Anschlußdosen und Sicherungen müssen an solchen Plätzen fest montiert sein, an welchen sie vor der Berührung mit leicht entzündlichen Stoffen sicher geschützt sind, und müssen mit widerstandsfähigen Schutzkasten umgeben sein.

d) Mit einer beweglichen Leitung darf nur je ein Beleuchtungskörper angeschlossen werden.

e) In Schaufenstern ist Bogenlichtbeleuchtung ohne besonderen Schutz nicht zulässig, es müssen vielmehr die Bogenlampen entweder außerhalb der Schaufenster angebracht werden oder durch Glasplatten, Glaswände oder dergl. von den Auslagen derart getrennt sein, daß etwa herabfallende Kohlenteilchen die ausgestellten Gegenstände nicht erreichen können.

f) Die Aschenteller der Bogenlampen mit offenem Lichtbogen müssen aus Metall bestehen und im Betrieb in ihrer Lage festgehalten sein.

§ 45.

Theater.

Für Theaterinstallationen gelten die Vorschriften der Abteilung „I. Niederspannungsanlagen", soweit diese nicht durch die nachfolgenden Sonderbestimmungen abgeändert werden.

I. Allgemeine Bestimmungen.

a) Die elektrischen Leitungsanlagen sind von der Hauptschalttafel ab in Gruppen zu unterteilen. Dreileiteranlagen sind, soweit tunlich, von den Hauptschalttafeln ab in Zweileiterzweige, bestehend aus Mittel- und Außenleiter, zu unterteilen.

b) In Räumen, die mehr als drei Lampen erhalten, sowie in sämtlichen Korridoren, Treppenhäusern und Ausgängen sind die Lampen an mindestens zwei getrennt gesicherte Zweigleitungen anzuschließen. Die Schalter und Sicherungen sind möglichst zu zentralisieren und dürfen dem Publikum nicht zugänglich sein.

Hochspannung.

§ 45.

Theater.

In Theatern ist Hochspannung nicht zulässig.

Niederspannung.

c) Falls eine elektrische Notbeleuchtung eingerichtet wird, müssen deren Lampen an eine oder mehrere räumlich und elektrisch von der Hauptanlage unabhängige Stromquellen angeschlossen werden.

II. Bestimmungen für das Bühnenhaus.

Für die Installationen des Bühnenhauses (Bühne, Untermaschinerien, Arbeitsgalerien und Schnürboden, Garderoben und sonstige Bühnennebenräume) gelten außer den vorerwähnten allgemeinen noch die folgenden Zusatzbestimmungen:

a) Schalttafeln und Bühnenregulatoren sind derartig anzuordnen, daß eine unbeabsichtigte Berührung durch Unbefugte ausgeschlossen ist.

b) Bei Zuleitungen zu Beleuchtungskörpern mit Farbenwechsel genügt für die Bemessung der gemeinschaftlichen Rückleitung der $1^1/_2$fache Querschnitt einer Leitung für eine Farbe.

c) Ungeerdete blanke Leitungen sind (abgesehen von m 4) nicht zulässig. Flugdrähte und dergl. dürfen zur Stromführung nicht benutzt werden.

d) Fest verlegte Draht- und Schnurleitungen sind nur zulässig, wenn sie in Metallrohren oder in Isolierrohren mit Metallüberzug verlegt werden.

e) Mehrfachleitung zum Anschluß beweglicher Bühnenbeleuchtungskörper müssen aus Gummiader-Litzen bestehen und durch eine starke schmiegsame nicht metallische Umhüllung gegen mechanische Beschädigungen geschützt sein.

Die Befestigung der biegsamen Leitungen an ihren Kontaktstücken ist derart auszuführen, daß auch bei roher Behandlung an der Anschlußstelle ein Bruch nicht zu befürchten ist.

Die Anschlußstücke sind mit der Schutzumhüllung so zu verbinden, daß die Kupferseelen an der Anschlußstelle von Zug entlastet sind. Steckkontakte müssen innerhalb widerstandsfähiger, nicht stromführender Hüllen liegen und so angeordnet sein, daß zufällige Berührung der stromführenden Teile verhindert wird.

Hochspannung.

Niederspannung.

f) Mit einer beweglichen Leitung darf nur je ein Beleuchtungskörper angeschlossen werden.

g) Für vorübergehend gebrauchte Szenerie-Installationen kann von der Erfüllung der Allgemeinen Vorschriften für die Verlegung von Leitungen ausnahmsweise abgesehen werden, wenn Gummiaderdraht verwendet wird, die Verlegungsart jegliche Verletzung der Isolierung ausschließt und diese Installation während des Gebrauches unter besonderer Aufsicht steht. In diesem Falle sind Drahtschellen für Einzelleitungen zulässig und Durchführungsstellen entbehrlich.

h) Die stromführenden Teile sämtlicher Apparate im Bühnenraum (Bühne, Untermaschinerien, Arbeitsgalerien und Schnürboden) brauchen nur gegen zufällige Berührung geschützt zu sein. Blanke Stromführungs-Kontaktplatten sind zulässig, müssen aber, solange sie unter Spannung stehen, bewacht und nach Gebrauch sofort ausgeschaltet werden.

i) Die Sicherungen der Anschlußleitungen für Bühnenbeleuchtungskörper (Oberlichter, Kulissen, Rampen, Versatz und Effektbeleuchtung) sind im fest verlegten Teil der Leitung anzubringen; in diesem Falle genügt für jeden Körper je eine Sicherung für alle Lampen einer Farbe. In den Beleuchtungskörpern selbst sind Sicherungen nicht zulässig.

k) Bei Regulierwiderständen, die an besonderen, nur dem Bedienungspersonal zugänglichen Stellen angebracht sind, ist eine Schutzhülle aus feuersicherem Material entbehrlich.

l) Sämtliche Glühlampen in Arbeitsräumen, Werkstätten, Garderoben, Treppen und Korridoren müssen mit Schutzkörben oder Schutzgläsern versehen sein, welche nicht an der Fassung, sondern an den Lampenträgern befestigt sind.

m) Die Bühnenbeleuchtungskörper und deren Anschlüsse (Oberlichter, Kulissen, Rampen, Effekt- und Versatzbeleuchtungen) müssen folgenden Bedingungen entsprechen:

1. Die Spannung zwischen irgend zwei Leitern eines Beleuchtungskörpers darf 250 V nicht übersteigen.

Hochspannung.

Niederspannung.

2. Holz ist weder als Isolier- noch als Konstruktionsmaterial zulässig.
3. Die Beleuchtungskörper sind mit einem Schutzgitter zu versehen.
4. Innerhalb der Beleuchtungskörper sind blanke Leiter dann zulässig, wenn sie gegen zufällige Berührungen geschützt sind.
5. Die Oberlichter sind isoliert aufzuhängen.
6. Bühnenscheinwerfer und Projektionsapparate sind mit einer Vorrichtung zu versehen, welche das Herabfallen glühender Kohlenteilchen verhindert.

§ 46.

Bergwerke.

Für die unter Tage liegenden Teile elektrischer Bergwerksanlagen gelten die der verwendeten Spannung entsprechenden allgemeinen Vorschriften für elektrische Starkstromanlagen, sofern sie nicht durch die nachstehenden Bestimmungen abgeändert werden.

Allgemeines.

Für die Ausführung der Anlage ist zwischen schlagwetterfreien und Schlagwettergruben zu unterscheiden. Als Schlagwettergruben werden diejenigen Gruben angesehen, die von der zuständigen Bergbehörde als solche bezeichnet sind. Nicht durch Schlagwetter gefährdete Teile von Schlagwettergruben sind unter Vorbehalt der Genehmigung durch die Bergbehörde zu behandeln wie schlagwetterfreie Gruben.

Für schlagwetterfreie elektrische Betriebsräume*) finden nur die allgemeinen Vorschriften, nicht aber die folgenden besonderen Bestimmungen Anwendung.

Schlagwetterfreie Gruben.

Leitungen.

Schächte und einfallende Strecken von mehr als 45° Neigung.

a) Es sind nur armierte Kabel zulässig, bei denen die Armatur aus verzinkten Eisen-

*) Als elektrische Betriebsräume gelten Räume, welche wesentlich zur Erzeugung, Umformung oder Verteilung elektrischer Ströme dienen und in der Regel nur instruiertem Personal zugänglich sind. (§ 3 e.)

Hochspannung.

§ 46.

Bergwerke.

Für die unter Tage liegenden Teile elektrischer Bergwerksanlagen gelten die der verwendeten Spannung entsprechenden allgemeinen Vorschriften für elektrische Starkstromanlagen, sofern sie nicht durch die nachstehenden Bestimmungen abgeändert werden.

Allgemeines.

Für die Ausführung der Anlage ist zwischen schlagwetterfreien und Schlagwettergruben zu unterscheiden. Als Schlagwettergruben werden diejenigen Gruben angesehen, die von der zuständigen Bergbehörde als solche bezeichnet sind. Nicht durch Schlagwetter gefährdete Teile von Schlagwettergruben sind unter Vorbehalt der Genehmigung durch die Bergbehörden zu behandeln wie schlagwetterfreie Gruben.

Für schlagwetterfreie elektrische Betriebsräume*) finden nur die allgemeinen Vorschriften, nicht aber die folgenden besonderen Bestimmungen Anwendung.

Schlagwetterfreie Gruben.

Leitungen.

Schächte und einfallende Strecken von mehr als 45° Neigung.

a) Es sind nur armierte Kabel zulässig, bei denen die Armatur aus verzinkten Eisen-

*) Als elektrische Betriebsräume gelten Räume, welche wesentlich zur Erzeugung, Umformung oder Verteilung elektrischer Ströme dienen und in der Regel nur instruiertem Personal zugänglich sind. (§ 3 e.)

Niederspannung.

oder Stahldrähten besteht. Die Drahtarmatur muß genügende Zugfestigkeit haben, um beim Einhängen das Kabel in einer Fabrikationslänge frei tragen zu können.

Es sind auch Kabel ohne inneren Bleimantel zulässig, vorausgesetzt, daß die den Bleimantel vertretende Hülle diesem an Widerstandsfähigkeit mindestens gleichkommt.

Wenn die Tropfwasser oder die Grubenwetter die Umhüllung stark angreifende Bestandteile enthalten, so müssen die Kabel einen äußeren Bleimantel oder einen anderen geeigneten Schutz gegen die betreffenden chemischen Einflüsse erhalten.

Die Befestigung des Kabels erfolgt außer in Bohrlöchern mittels breiter Schellen aus imprägniertem Holze in Abständen von nicht mehr als 6 m.

Auf die beim Abteufen und für provisorische Zwecke verwendeten Leitungen finden die obigen Bestimmungen keine Anwendung.

Horizontale und einfallende Strecken von weniger als 45° Neigung.

b) Blanke Leitungen. Es sind blanke Leitungen, soweit sie nicht betriebsmäßig geerdet sind, nur als Fahrleitungen für elektrische Bahnen zulässig. Wird die Bahnstrecke auch von der Mannschaft befahren, so darf der Fahrdraht der zufälligen Berührung nicht zugänglich sein.

c) Isolierte Drahtleitungen. Isolierte Drahtleitungen dürfen nur verwendet werden bis zu Spannungen von 250 Volt gegen Erde und 500 Volt gegeneinander. Sie müssen eine Isolierung nach § 7 c der Abteilung I Niederspannung haben. Bei Spannungen von mehr als 125 Volt gegen Erde muß der Abstand der Leitung von der Sohle mindestens 3 m betragen. Bei geringerer Spannung als 125 Volt gegen Erde ist Verlegung in geringerer Höhe zulässig, sofern die Leitung gegen Berührung ausreichend geschützt ist.

Die Leitungen müssen auf Isolierglocken oder gleichwertigen Isolatoren (Mantelrollen usw.) verlegt werden und bei Spannweiten

von mehr als	6 m	mindestens	20 cm
„	4 bis 6 „	„	15 „
„	2 „ 4 „	„	10 „
„	höchst. 1 „	„	5 „

Hochspannung.

oder Stahldrähten besteht. Die Drahtarmatur muß genügende Zugfestigkeit haben, um beim Einhängen das Kabel in einer Fabrikationslänge frei tragen zu können.

Es sind auch Kabel ohne inneren Bleimantel zulässig, vorausgesetzt, daß die den Bleimantel vertretende Hülle diesem an Widerstandsfähigkeit mindestens gleichkommt.

Wenn die Tropfwasser oder die Grubenwetter die Umhüllung stark angreifende Bestandteile enthalten, so müssen die Kabel einen äußeren Bleimantel oder einen anderen geeigneten Schutz gegen die betreffenden chemischen Einflüsse erhalten.

Die Befestigung des Kabels erfolgt außer in Bohrlöchern mittels breiter Schellen aus imprägniertem Holze in Abständen von nicht mehr als 6 m.

Auf die beim Abteufen und für provisorische Zwecke verwendeten Leitungen finden die obigen Bestimmungen keine Anwendung.

Horizontale und einfallende Strecken von weniger als 45° Neigung.

b) Blanke Leitungen. Es sind blanke Leitungen, soweit sie nicht betriebsmäßig geerdet sind, nur als Fahrleitungen für elektrische Bahnen zulässig. Wird die Bahnstrecke auch von der Mannschaft befahren, so darf der Fahrdraht der zufälligen Berührung nicht zugänglich sein.

c) Isolierte Drahtleitungen. Isolierte Drahtleitungen dürfen nur verwendet werden bis zu Spannungen von 250 Volt gegen Erde und 500 Volt gegeneinander. Sie müssen eine Isolierung nach § 7 c der Abteilung I Niederspannung haben. Bei Spannungen von mehr als 125 Volt gegen Erde muß der Abstand der Leitung von der Sohle mindestens 3 m betragen. Bei geringerer Spannung als 125 Volt gegen Erde ist Verlegung in geringerer Höhe zulässig, sofern die Leitung gegen Berührung ausreichend geschützt ist.

Die Leitungen müssen auf Isolierglocken oder gleichwertigen Isolatoren (Mantelrollen usw.) verlegt werden und bei Spannweiten

von mehr als	6 m	mindestens	20 cm
„	4 bis 6 „	„	15 „
„	2 „ 4 „	„	10 „
„	höchst. 1 „	„	5 „

Niederspannung.

voneinander und in allen Fällen mindestens 5 cm von der Seitenwand bezw. Firste entfernt sein.

Die Leitungen sind nach der Verlegung mit einem feuchtigkeitsbeständigen, die Isolierung konservierenden Anstrich zu versehen. Der Anstrich ist jährlich zu erneuern.

Außer der vorstehend angegebenen offenen Verlegung ist bei Spannungen bis 250 Volt gegen Erde auch eine solche in nach Möglichkeit geerdeten Eisen- oder Stahlröhren zulässig, wobei die obigen Vorschriften über Abstand der Leitungen usw. nicht zu berücksichtigen sind. Die Stoßstellen der Rohre sind elektrisch leitend anzuordnen oder elektrisch leitend zu überbrücken. In feuchten Räumen ist für entsprechend gute Abdichtung der Rohre Sorge zu tragen.

d) Kabel. Bei einer Spannung von 125 bis 500 Volt zwischen zwei Leitungen und geringerer Höhenlage der Leitung als 3 m, sowie bei höherer Spannung als 500 Volt und beliebiger Höhenlage, sind armierte Kabel zu verwenden. Das Kabel muß entweder asphaltiertes Bleikabel sein oder es muß eine in bezug auf chemische Einflüsse gleich widerstandsfähige Umhüllung haben. Bei Befestigung der Kabel ist darauf zu achten, daß das Kabel nicht beschädigt oder verdrückt wird. Soweit es sich um Befestigung an Seitenwänden oder Firsten handelt, dürfen die Abstände der Befestigungspunkte voneinander höchstens 3 m betragen. In Strecken, die unter einem starken Gebirgsdruck stehen, ist eine bewegliche Aufhängung der Kabel zulässig, die so beschaffen sein muß, daß dadurch Beschädigungen der Kabel nicht verursacht werden. Die Armatur der Kabel ist nach Möglichkeit zu erden.

Es ist unzulässig, stationäre Kabel ungeschützt direkt auf der Sohle zu verlegen.

e) Biegsame Leitungen.

Biegsame Leitungen zum Anschluß beweglicher Apparate dürfen nur bei Spannungen bis 500 Volt zwischen zwei Leitungen Verwendung finden und müssen den Forderungen des § 8 c (gepanzerte Stromleitungen) der Abteilung I Niederspannung genügen, oder eine mindestens gleichwertige Umhüllung erhalten. Werden solche Leitungen auf

Hochspannung.

von einander und in allen Fällen mindestens 5 cm von der Seitenwand bezw. Firste entfernt sein.

Die Leitungen sind nach der Verlegung mit einem feuchtigkeitsbeständigen, die Isolierung konservierenden Anstrich zu versehen. Der Anstrich ist jährlich zu erneuern.

Außer der vorstehend angegebenen offenen Verlegung ist bei Spannungen bis zu 250 Volt gegen Erde auch eine solche in nach Möglichkeit geerdeten Eisen- oder Stahlröhren zulässig, wobei die obigen Vorschriften über Abstand der Leitungen usw. nicht zu berücksichtigen sind. Die Stoßstellen der Rohre sind elektrisch leitend anzuordnen oder elektrisch leitend zu überrbücken. In feuchten Räumen ist für entsprechend gute Abdichtung der Rohre Sorge zu tragen.

d) Kabel. Bei einer Spannung von 125 bis 500 Volt zwischen zwei Leitungen und geringerer Höhenlage der Leitung als 3 m, sowie bei höherer Spannung als 500 Volt und beliebiger Höhenlage, sind armierte Kabel zu verwenden. Das Kabel muß entweder asphaltiertes Bleikabel sein oder es muß eine in bezug auf chemische Einflüsse gleich widerstandsfähige Umhüllung haben. Bei Befestigung der Kabel ist darauf zu achten, daß das Kabel nicht beschädigt oder verdrückt wird. Soweit es sich um Befestigung an Seitenwänden oder Firsten handelt, dürfen die Abstände der Befestigungspunkte voneinander höchstens 3 m betragen. In Strecken, die unter einem starken Gebirgsdruck stehen, ist eine bewegliche Aufhängung der Kabel zulässig, die so beschaffen sein muß, daß dadurch Beschädigungen der Kabel nicht verursacht werden. Die Armatur der Kabel ist nach Möglichkeit zu erden.

Es ist unzulässig, stationäre Kabel ungeschützt direckt auf der Sohle zu verlegen.

e) Biegsame Leitungen.

Biegsame Leitungen zum Anschluß beweglicher Apparate dürfen nur bei Spannungen bis 500 Volt zwischen zwei Leitungen Verwendung finden und müssen den Forderungen des § 8 c (gepanzerte Stromleitungen) der Abteilung I Niederspannung genügen, oder eine mindestens gleichwertige Umhüllung erhalten. Werden solche Leitungen auf

Niederspannung.

Trommeln aufgewickelt, so ist der Durchmesser der Trommeln so groß zu wählen, daß die Umhüllung auch bei häufigem Auf- und Abwickeln nicht beschädigt wird.

Schalttafel und Apparate.

f) Schalttafeln.

1. Die Schalttafeln einschließlich des Gerüstes und der Umrahmung müssen aus feuersicherem, nicht hygroskopischem Material bestehen. Wenn Tropfwasser auftritt, müssen die Apparate in geeigneter Weise dagegen geschützt werden.

2. Für Schalttafeln bis zu einer Spannung von 500 Volt zwischen zwei Leitungen, wenn sie nicht in besonderen Betriebsräumen liegen, gelten die Vorschriften für höhere Spannungen bis 1000 Volt.

3. Die Abzweigungen von den Hauptkabeln haben möglichst an Verteilungstafeln zu erfolgen; jede Abzweigung ist in allen Polen zu sichern und abschaltbar zu machen.

Elektrische Maschinen und Zubehör.

g) Elektrische Maschinen.

1. Die Maschinen müssen eine gegen Feuchtigkeit besonders widerstandsfähige Isolation erhalten. (Nach längerem Stillstand mit Strom austrocknen.)

Wenn die Spannung eines Poles gegen Erde mehr als 250 Volt beträgt, so sind alle stromführenden Teile gegen Berührung zu schützen.

Maschinenräume sind möglichst trocken zu halten, insbesondere sind Pumpenkammern vom Sumpf möglichst abzuschließen.

2. Wo Tropf- oder Spritzwasser auftreten, sind die Maschinen und Zubehör dagegen ausreichend zu schützen.

3. Haben die Maschinenkammern den Charakter von durchtränkten Räumen (§ 43 der Abteilung I Niederspannung), so sind dort die Maschinen mit einem isolierenden Bedienungsgang zu umgeben.

Beleuchtungsanlagen.

h) Glühlampen.

1. Glühlampen dürfen nur mit dicht schließenden Überglocken, die auch die Fassung umschließen, verwendet werden. Wo die Entfernung bis zur Sohle weniger als 2 m

Hochspannung.

Trommeln aufgewickelt, so ist der Durchmesser der Trommeln so groß zu wählen, daß die Umhüllung auch bei häufigem Auf- und Abwickeln nicht beschädigt wird.

Schalttafel und Apparate.

f) Schalttafeln.

1. Die Schalttafeln einschließlich des Gerüstes und der Umrahmung müssen aus feuersicherem, nicht hygroskopischem Material bestehen. Wenn Tropfwasser auftritt, müssen die Apparate in geeigneter Weise dagegen geschützt werden.

2. Für Schalttafeln bis zu einer Spannung von 500 Volt zwischen zwei Leitungen, wenn sie nicht in besonderen Betriebsräumen liegen, gelten die Vorschriften für höhere Spannungen bis 1000 Volt.

3. Die Abzweigungen von den Hauptkabeln haben möglichst an Verteilungstafeln zu erfolgen; jede Abzweigung ist in allen Polen zu sichern und abschaltbar zu machen.

Elektrische Maschinen und Zubehör.

g) Elektrische Maschinen.

1. Die Maschinen müssen eine gegen Feuchtigkeit besonders widerstandsfähige Isolation erhalten. (Nach längerem Stillstand mit Strom austrocknen.)

Wenn die Spannung eines Poles gegen Erde mehr als 250 Volt beträgt, so sind alle stromführenden Teile gegen Berührung zu schützen.

Maschinenräume sind möglichst trocken zu halten, insbesondere sind Pumpenkammern vom Sumpf möglichst abzuschließen.

2. Wo Tropf- oder Spritzwasser auftreten, sind die Maschinen und Zubehör dagegen ausreichend zu schützen.

3. Haben die Maschinenkammern den Charakter von durchtränkten Räumen (§ 43 der Abteilung I Niederspannung), so sind dort die Maschinen mit einem isolierenden Bedienungsgang zu umgeben.

Beleuchtungsanlagen.

h) Glühlampen.

1. Glühlampen dürfen nur mit dicht schließenden Überglocken, die auch die Fassung umschließen, verwendet werden. Wo die Entfernung bis zur Sohle weniger als 2 m

Niederspannung.

beträgt, müssen die Überglocken noch durch einen Schutzkorb aus Drahtgeflecht gegen mechanische Beschädigung geschützt sein.

2. Die Leitungs-Einführungen an den Beleuchtungskörpern sind so abzudichten, daß Feuchtigkeit ins Innere der Überglocken nicht eindringen kann.

3. Die Verwendung einer höheren Spannung gegen Erde als 250 Volt durch Hintereinanderschaltung von Glühlampen ist nur bei solchen Stromkreisen zulässig, welche ihren Lichtstrom von einer Bahnleitung entnehmen; dabei muß der Schutzkorb geerdet sein und die Lampen dürfen nicht unter Spannung ausgewechselt werden.

4. Schnurpendel sind unzulässig.

i) Bogenlampen.

Bogenlampen dürfen nicht an ihren Stromzuleitungen aufgehängt werden. Sie müssen während des Betriebes der zufälligen Berührung entzogen sein und dürfen während der Bedienung nicht unter Spannung stehen.

Schlagwettergruben.

Zu den für schlagwetterfreie Gruben vorstehend angegebenen Vorschriften treten für Schlagwettergruben nachfolgende Bestimmungen:

Leitungen.

k) Blanke Leitungen sind nur zulässig, wenn sie betriebsmäßig geerdet sind und nicht zur Stromabnahme durch schleifende oder rollende Kontakte dienen.

l) Isolierte Drahtleitungen, wie in c) erwähnt, dürfen fest verlegt nur in Eisen- oder Stahlrohren Verwendung finden. (Vergl. e) Abs. 4.)

m) Kabel der in d) beschriebenen Art sind als fest verlegte Leitungen in allen nicht unter k) und l) genannten Fällen zu verwenden; Verlegung nach d).

Schalttafeln und Apparate.

n) Die Verteilungstafeln sind nach Möglichkeit in den frischen Wetterstrom zu legen.

o) Die Ausschalter, Umschalter und Sicherungen sind luftdicht in kräftige Gehäuse einzukapseln.

Hochspannung.

beträgt, müssen die Überglocken noch durch einen Schutzkorb aus Drahtgeflecht gegen mechanische Beschädigungen geschützt sein.

2. Die Leitungs-Einführungen an den Beleuchtungskörpern sind so abzudichten, daß Feuchtigkeit ins Innere der Überglocken nicht eindringen kann.

3. Die Verwendung einer höheren Spannung gegen Erde als 250 Volt durch Hintereinanderschaltung von Glühlampen ist nur bei solchen Stromkreisen zulässig, welche ihren Lichtstrom von einer Bahnleitung entnehmen; dabei muß der Schutzkorb geerdet sein und die Lampen dürfen nicht unter Spannung ausgewechselt werden.

4. Schnurpendel sind unzulässig.

i) Bogenlampen.

Bogenlampen dürfen nicht an ihren Stromzuleitungen aufgehängt werden. Sie müssen während des Betriebes der zufälligen Berührung entzogen sein und dürfen während der Bedienung nicht unter Spannung stehen.

Schlagwettergruben.

Zu den für schlagwetterfreie Gruben vorstehend angegebenen Vorschriften treten für Schlagwettergruben nachfolgende Bestimmungen.

Leitungen.

k) Blanke Leitungen sind nur zulässig, wenn sie betriebsmäßig geerdet sind und nicht zur Stromabnahme durch schleifende oder rollende Kontakte dienen.

l) Isolierte Drahtleitungen, wie in c) erwähnt, dürfen fest verlegt nur in Eisen- oder Stahlrohren Verwendung finden. (Vergl. e) Abs. 4.)

m) Kabel der in d) beschriebenen Art sind als festverlegte Leitungen in allen nicht unter k) und l) genannten Fällen zu verwenden; Verlegung nach d).

Schalttafeln und Apparate

n) Die Verteilungstafeln sind nach Möglichkeit in den frischen Wetterstrom zu legen.

o) Die Ausschalter, Umschalter und Sicherungen sind luftdicht in kräftige Gehäuse einzukapseln.

Niederspannung.

Die Einkapselung der Sicherungen muß so erfolgen, daß durch das Abschmelzen einer Sicherung keine andere gefährdet und das Herausschlagen eines Flammenbogens mit Sicherheit verhindert wird.

p) Steckkontakte sind mit einer Verriegelung zu versehen, welche das Einstecken und das Herausziehen verhindert, so lange die Kontaktstelle unter Strom steht.

Elektrische Maschinen und Zubehör.

q) Elektrische Maschinen müssen schlagwettersicher gebaut oder schlagwettersicher, zB. im einziehenden Wetterstrom, aufgestellt sein.

Die Kontaktapparate von Anlassern sind wettersicher einzukapseln und zwar so, daß die eingeschlossene Luftmenge möglichst gering ist.

r) Es empfiehlt sich, Motoren und Zubehör möglichst nahe der Sohle aufzustellen.

Beleuchtungsanlagen.

s) Es sind nur Glühlampen zulässig, welche im luftleeren Raum brennen. Dieselben müssen, einerlei in welcher Höhe sie angebracht sind, außer der Überglocke (h) noch einen Schutzkorb aus starkem Drahtgeflecht besitzen.

§ 47.

Inkrafttreten dieser Vorschriften.

a) Diese Vorschriften gelten für Anlagen oder Erweiterungen, welche nach dem 1. Januar 1904 fertiggestellt werden. Sie haben keine rückwirkende Kraft.

b) Der Verband Deutscher Elektrotechniker behält sich vor, dieselben den Fortschritten und Bedürfnissen der Technik entsprechend abzuändern.

Die vorstehenden Vorschriften sind von der Kommission des Verbandes Deutscher Elektrotechniker einstimmig angenommen worden und haben daher in Gemäßheit des Verbandsbeschlusses vom 13. Juni 1902 als Verbandsvorschriften zu gelten.

Der Vorsitzende der Kommission.

Budde.

Hochspannung.

Die Einkapselung der Sicherungen muß so erfolgen, daß durch das Abschmelzen einer Sicherung keine andere gefährdet und das Herausschlagen eines Flammenbogens mit Sicherheit verhindert wird.

p) Steckkontakte sind mit einer Verriegelung zu versehen, welche das Einstecken und das Herausziehen verhindern, so lange die Kontaktstelle unter Strom steht.

Elektrische Maschinen und Zubehör.

q) Elektrische Maschinen müssen schlagwettersicher gebaut oder schlagwettersicher, z. B. im einziehenden Wetterstrom, aufgestellt sein.

Die Kontaktapparate von Anlassern sind wettersicher einzukapseln und zwar so, daß die eingeschlossene Luftmenge möglichst gering ist.

r) Es empfiehlt sich, Motoren und Zubehör möglichst nahe der Sohle aufzustellen.

Beleuchtungsanlagen.

s) Es sind nur Glühlampen zulässig, welche im luftleeren Raum brennen. Dieselben müssen, einerlei in welcher Höhe sie angebracht sind, außer der Überglocke (h) noch einen Schutzkorb aus starkem Drahtgeflecht besitzen.

§ 47.

Inkrafttreten dieser Vorschriften.

a) Diese Vorschriften gelten für Anlagen oder Erweiterungen, welche nach dem 1. Januar 1904 fertiggestellt werden. Sie haben keine rückwirkende Kraft.

b) Der Verband Deutscher Elektrotechniker behält sich vor, dieselben den Fortschritten und Bedürfnissen der Technik entsprechend abzuändern.

Die vorstehenden Vorschriften sind von der Kommission des Verbandes Deutscher Elektrotechniker einstimmig angenommen worden und haben daher in Gemäßheit des Verbandsbeschlusses vom 13. Juni 1902 als Verbandsvorschriften zu gelten.

Der Vorsitzende der Kommission.

Budde.

II.

Sicherheitsvorschriften

für

elektrische Bahn-Anlagen.

Herausgegeben vom

Verband Deutscher Elektrotechniker

eingetragener Verein.

(Mit ausdrücklicher Erlaubnis des Verbandes Deutscher Elektrotechniker abgedruckt.)

Die im folgenden gegebenen Vorschriften gelten für die elektrischen Einrichtungen von Bahnanlagen mit oberirdischer Zuleitung sowie mit Akkumulatoren in den Wagen, soweit die Betriebsspannung zwischen 250 und 1000 V liegt.

Ergänzende Vorschriften für andere Systeme bleiben vorbehalten.

Diejenigen Teile von Bahnanlagen, welche mit mehr als 1000 V betrieben werden, fallen unter die Hochspannungsvorschriften.

I. Centralen und Kraftstationen.

§ 1.

Für die Kraftstationen, welche dem elektrischen Bahnbetrieb dienen, gelten die Sicherheitsvorschriften für elektrische Mittelspannungsanlagen.

Wagenschuppen sind als Betriebsräume im Sinne der Mittelspannungsvorschriften anzusehen.

II. Leitungsanlagen.

Auch für die Leitungsanlagen elektrischer Bahnen gelten die Sicherheitsvorschriften für elektrische Mittelspannungsanlagen, jedoch mit folgenden Ausnahmen:

§ 2.

An Stelle des § 9 der Vorschriften für Mittelspannung treten folgende Bestimmungen:

a) Für Bahnen sind wetterbeständig isolierte Freileitungen zulässig.

b) Fahrdrähte und Speiseleitungen, welche nicht auf Porzellanglocken verlegt sind, müssen gegen Erde doppelt isoliert sein.

c) Die Höhe der Leitungen über öffentlichen Straßen darf auf offener Strecke nicht unter 5 m betragen. Eine geringere Höhe ist bei Unterführungen zulässig, wenn geeignete Vorsichtsmaßregeln getroffen oder Warnungstafeln angebracht werden.

d) Bei elektrischen Bahnen auf besonderem Bahnkörper, soweit dieser dem Publikum nicht zugänglich ist, können die Leitungen in beliebiger Höhe verlegt werden, wenn bei der gewählten Verlegungsart die Strecke von instruiertem Personal ohne Gefahr begangen werden kann. An Haltestellen und Übergängen sind die Leitungen gegen zufällige Berührungen durch das Publikum zu schützen und Warnungstafeln anzubringen.

e) Spannweite und Durchhang müssen derart bemessen werden, daß Gestänge aus

Holz eine zehnfache und aus Eisen eine vierfache Sicherheit, Leitungen bei minus 20° C eine fünffache Sicherheit (bei Leitungen aus hartgezogenem Metall eine dreifache Sicherheit) dauernd bieten. Dabei ist der Winddruck mit 125 kg für 1 qm senkrecht getroffener Fläche in Rechnung zu bringen.

f) Den örtlichen Verhältnissen entsprechend sind Freileitungen durch Blitzschutzvorrichtungen zu sichern, die auch bei wiederholten Blitzschlägen wirksam bleiben. Es ist dabei auf eine gute Erdleitung Bedacht zu nehmen, die unter möglichster Vermeidung von Krümmungen auszuführen ist. Fahrschienen können als Erdleitung benutzt werden.

g) Alle blanken oberirdischen Leitungen in bebauten Straßen müssen streckenweise ausschaltbar sein.

h) Bezüglich der Sicherung vorhandener Telephon- und Telegraphenleitungen gegen Störungen durch elektrische Bahnen wird auf § 12*) des Telegraphengesetzes vom 6. April 1892 verwiesen.

§ 3.

Fahrdrähte unterliegen nicht der Bestimmung, daß ihre Anschluß- und Abzweigstellen vom Zuge entlastet sein müssen; dieselben müssen aber an den Unterbrechungen verankert werden.

§ 4.

An die Stelle des § 24b der Mittelspannungsvorschriften tritt folgende Bestimmung: Der Isolationswiderstand von oberirdischen Bahnleitungen muß bei Regenwetter und mit der Betriebsspannung gemessen mindestens 50000 Ohm für das km einfacher Länge betragen.

In mindestens halbjährigen Zwischenräumen sollen besondere Kontrollmessungen vorgenommen werden, bei denen jede Speiseleitung mit dem zugehörigen Teile des Arbeitsdrahtes als besonderer Meßkreis gilt. Über den Befund der Messungen ist Buch zu führen.

In mindestens halbjährigem Turnus sind die einzelnen Isolationspunkte durchzumessen.

§ 5.

An Stelle des § 26a Absatz 1 der Mittelspannungsvorschriften tritt folgende Bestimmung: Das Arbeiten an stromführenden Fahrdrähten und Speiseleitungen ist gestattet, wenn es von instruierten Arbeitern geschieht, die auf einem isolierenden Turmwagen oder einer isolierenden Leiter stehen. Zum Zwecke gegenseitiger Hilfeleistung sollen stets 2 Arbeiter gemeinschaftlich arbeiten.

§ 6.

Bei Bahnen, deren Schienen als Leitung dienen, ist der negative Pol der Dynamomaschine durch isolierte Leitungen mit der Gleisanlage zu verbinden.

III. Fahrzeuge.

Für Motorwagen und für Anhängewagen, soweit die letzteren mit Starkstromleitung ausgerüstet sind, gelten die sämtlichen im folgenden aufgeführten Bestimmungen und nur diese.

§ 7.

Bezeichnungen.

a) Isolation. Eine Isolation gilt als genügend, wenn die Isolierstoffe in solcher Stärke verwendet werden, daß sie bei den im Betrieb vorkommenden Temperaturen von einer Spannung, welche die Betriebsspannung um 1000 Volt überschreitet, nicht durchschlagen werden. Außerdem muß das Isoliermaterial derartig gestaltet und bemessen sein, daß ein merklicher Stromübergang über die Oberfläche (Oberflächenleitung) unter normalen Verhältnissen nicht eintreten kann.

Bei Steuerapparaten (Kontrollern) ist imprägniertes Holz als Isolationsmaterial zulässig.

b) Erdung. Als genügende Erdung für Fahrzeuge gilt die leitende Verbindung mit den Radreifen durch das Untergestell.

c) Isolierte Leitungen. Als isolierte Leitungen gelten umhüllte Leitungen, die nach 24stündigem Liegen im Wasser eine Überspannung von 1000 Volt gegen das Wasser eine Stunde lang aushalten.

*) Dieser Paragraph lautet: „Elektrische Anlagen sind, wenn eine Störung des Betriebes der einen Leitung durch die andere eingetreten oder zu befürchten ist, auf Kosten desjenigen Teiles, welcher durch eine spätere Anlage oder durch eine später eintretende Änderung seiner bestehenden Anlage diese Störung oder die Gefahr derselben veranlaßt, nach Möglichkeit so auszuführen, daß sie sich nicht störend beeinflussen."

d) Feuersichere Gegenstände. Als feuersicher gilt ein Gegenstand, der nicht entzündet werden kann oder nach Entzündung nicht von selbst weiterbrennt.

§ 8.

Generatoren, Motoren und Transformatoren.

Die Gestelle von zugänglich aufgestellten Generatoren, Motoren und Transformatoren müssen dauernd geerdet sein. Durch die Art der Aufstellung oder durch besondere Geländer muß dafür gesorgt sein, daß Personen auch bei Schleudern des Wagens nicht in Berührung mit blanken stromführenden oder sich bewegenden Teilen gelangen können. Die Aufstellung ist derart auszuführen, daß etwaige im Betriebe auftretende Feuererscheinungen keine Entzündung von brennbaren Stoffen hervorrufen können.

§ 9.

Akkumulatoren.

Akkumulatoren elektrischer Fahrzeuge können auf Holz montiert werden, wobei einmalige Isolation durch nicht hygroskopische Zwischenlagen ausreicht. Soweit nur instruiertes Personal in Betracht kommt, braucht die Möglichkeit, daß eine Person Teile verschiedener Spannung gleichzeitig berührt, nicht ausgeschlossen sein. Während des normalen Betriebes dürfen die Akkumulatoren dem Publikum nicht zugänglich sein.

Celluloid ist zur Verwendung als Kästen und außerhalb des Elektrolyten unzulässig.

§ 10.

Schalttafeln.

Schalttafeln in oder an Fahrzeugen dürfen Holz nur als Konstruktionsmaterial enthalten. Stromführende blanke Metallteile und solche Apparate, welche betriebsmäßig Funken erzeugen, müssen auf feuersicherer Unterlage montiert und müssen derart angeordnet sein, daß die Feuererscheinungen weder Personen noch brennbare Stoffe gefährden können. Blanke stromführende Metallteile müssen gegen zufällige Berührung geschützt sein.

§ 11.

Leitungen.

a) Der Querschnitt aller Leitungsdrähte innerhalb des Fahrzeuges mit Ausnahme der Fahrstromleitungen ist nach der Normalstromstärke der vorgeschalteten Sicherung laut folgender Tabelle oder stärker zu bemessen.

Querschnitt in Quadratmillimetern	Normalstromstärke der Sicherung Ampere	Querschnitt in Quadratmillimetern	Normalstromstärke der Sicherung Ampere
0,75	4	35	90
1	6	50	100
1,5	10	70	130
2,5	15	95	165
4	20	120	200
6	30	150	235
10	40	185	275
16	60	200	330
25	80		

Die Normalstromstärke der Sicherungen für Fahrstromleitungen darf um 50 % höher sein, als in vorstehender Tabelle angegeben.

Drähte für Bremsstrom sind mindestens von gleicher Stärke wie die Fahrstromleitungen zu wählen.

b) Isolierte Leitungen müssen eine Gummiisolierung in Form einer ununterbrochenen nahtlosen und vollkommen wasserdichten Hülle besitzen. Die Gummiisolierung muß durch eine Umhüllung aus faserigem Material noch besonders geschützt sein.

c) Mehrfachleitung sind zulässig, wenn jeder Leiter nach b isoliert ist. Es ist hierbei statthaft, die isolierten Leitungen anstatt einzeln auch durch gemeinsame Umhüllung aus faserigem Material zu schützen.

d) Wenn vulkanisierte Gummiisolierung verwendet wird, muß der Leiter verzinnt sein.

e) Blanke Leitungen sind nur als Verbindungsglieder zwischen Batteriezellen oder Widerstandselementen und nur dann zulässig, wenn sie sicher isoliert verlegt und gegen Berührung geschützt sind.

f) Isolierte Leitungen in Fahrzeugen müssen so geführt werden, daß die Isolierung nicht durch die Wärme benachbarter Widerstände gefährdet werden kann.

g) Alle festverlegten Leitungen sind derart anzubringen, daß sie nur dem instruierten Personal, nicht aber dem Publikum zugänglich sind.

h) Leitungsdrähte dürfen nur durch Verlöten, Verschrauben oder auf eine gleichwertige Verbindungsart miteinander verbunden werden. Drähte durch einfaches Umeinanderschlingen der Drahtenden zu ver-

binden ist unzulässig. Zur Herstellung von Lötstellen dürfen Lötmittel, welche das Metall angreifen, nicht verwendet werden. Die fertige Verbindungsstelle ist entsprechend der Art der betreffenden Leitungen sorgfältig zu isolieren.

i) Die Verbindung der Leitungen mit den Apparaten ist mittels gesicherter Schrauben oder durch Lötung auszuführen. Drahtseile bis zu 6 qmm und Drähte bis zu 25 qmm Kupferquerschnitt müssen mit Kabelschuhen oder einem gleichwertigen Verbindungsmittel versehen sein. Drahtseile von geringerem Querschnitt müssen, wenn sie nicht gleichfalls Kabelschuhe erhalten, an den Enden verlötet werden.

k) Nebeneinander verlaufende isolierte Leitungen müssen entweder zu Mehrfachleitungen mit einer gemeinsamen wasserdichten Schutzhülle zusammengefaßt werden, derart, daß ein Verschieben und Reiben der Einzelleitungen ausgeschlossen ist; dabei ist die Isolierhülle an den Austrittsstellen von Leitungen gegen Wasser abzudichten; oder die Leitungen sind getrennt mittels Isolierkörper zu verlegen und, wo sie Wände und Fußböden durchsetzen, durch Isoliertüllen so zu führen, daß sie sich an diesen Stellen nicht scheuern können.

l) Isolierte Drähte können direkt auf Holz verlegt werden und Holzleisten können zur Verkleidung derselben benutzt werden.

m) Verbindungsleitungen zwischen Motorwagen und Anhängewagen sollen so angebracht sein, daß das Publikum nicht in die Lage gesetzt wird, sie zufällig zu berühren. Bewegliche Kuppelungsstücke sollen so mit Isoliermaterial bekleidet sein, daß auch die ausgelösten Kontaktteile beim etwaigen Niederfallen keine leitende Berührung machen können.

n) Leitungen, die einer Verbiegung oder Verdrehung ausgesetzt sind, müssen aus leicht biegsamen Seilen hergestellt und über der Isolierung mit einem wasserdichten Schlauch versehen sein.

o) In unmittelbarer Nähe von Metallteilen sind die Leitungen über der Isolierung noch mit einem besonderen feuchtigkeitsbeständigen Isolierrohr oder Schlauch zu überziehen; alsdann ist die Erdung und Verbindung der Metallteile nicht erforderlich.

p) Krampen sind nur zur Befestigung von blanken Leitungen, die mit dem Wagengestell dauernd in leitender Verbindung sind, zulässig.

q) Rohre können zur Verlegung isolierter Leitungen in und auf Wänden, Decken und Fußböden verwendet werden, sofern sie die Leitungen gegen die Wirkungen von Feuchtigkeit schützen. Sie können aus Metall oder feuchtigkeitsbeständigem Isolierstoff oder aus Metall mit isolierender Auskleidung bestehen. Bei Verwendung eiserner Rohre für Ein- oder Mehrphasenstromleitungen müssen sämtliche zu einem Stromkreise gehörige Leitungen in demselben Rohre verlegt werden. Drahtverbindungen dürfen nicht innerhalb der Rohre, sondern nur in Verbindungsdosen ausgeführt werden, die jederzeit leicht geöffnet werden können.

Die Rohre sind so herzurichten, daß die Isolierung der Leitungen durch vorstehende Teile oder scharfe Kanten nicht verletzt werden kann; die Stoßstellen müssen sicher abgedichtet sein. Metallrohre sind leitend zu verbinden und zu erden. Die Rohre sind so zu verlegen, daß sich an keiner Seite Wasser ansammeln kann.

Apparate.

§ 12.

Die stromführenden Teile von Apparaten müssen, soweit sie der zufälligen Berührung zugänglich sind, mit Schutzkästen umgeben sein.

Die Kontakte sind derart zu bemessen, daß im regelrechten Betriebe keine Erwärmung von mehr als 50^{0} C über Lufttemperatur eintreten kann.

§ 13.

Steuerapparate.

Die Kurbeln der Steuerapparate müssen und zwar nur in ausgeschalteter Stellung abnehmbar sein.

Die Achsen der Steuerapparate müssen geerdet sein.

§ 14.

Sicherungen.

a) Jeder Motorwagen muß mindestens eine Abschmelz-Hauptsicherung für die motorischen Teile haben. Die Lichtleitung und

die Heizleitung müssen besonders gesichert sein, ebenso sind Akkumulatorenstromkreise zu sichern.

Der Stromkreis einer Kurzschlußbremse darf keine Sicherung enthalten.

b) Die Abschmelzsicherungen sowohl wie die Automaten müssen derart konstruiert sein, daß beim Funktionieren derselben (selbst bei Kurzschluß) ein etwa entstehender Lichtbogen sofort erlischt. Bei Abschmelzsicherungen darf der Kontakt nicht unmittelbar durch weiche plastische Metalle und Legierungen vermittelt werden, sondern, wenn die Sicherung aus weichem Metall besteht, müssen die Schmelzdrähte oder Schmelzstreifen in Kontaktstücke aus Kupfer oder gleichgeeignetem Metall eingelötet sein.

Abschmelzsicherungen für Fahrstromleitungen müssen derart konstruiert sein, daß sie vom kalten Zustande aus plötzlich mit der doppelten Normalstromstärke belastet, in längstens fünf Minuten abschmelzen.

Bei den Abschmelzsicherungen für andere Stromkreise ist die Abschmelzzeit auf zwei Minuten beschränkt.

Die Maximalspannung und die Normalstromstärke sollen auf dem auswechselbaren Einsatz der Sicherung verzeichnet sein.

c) Sicherungen und Automaten müssen so angebracht sein, daß sie beim Funktionieren weder das Publikum gefährden oder belästigen noch für benachbarte Gegenstände eine Feuersgefahr herbeiführen.

§ 15.

Ausschalter.

Der Lampenkreis, der etwaige Heizkreis und der etwaige Akkumulatorenkreis müssen selbständig ausschaltbar sein. Die Schalter müssen so konstruiert sein, daß sich kein dauernder Lichtbogen bilden kann und daß man erkennen kann, ob der Stromkreis geschlossen oder offen ist.

Metallkontakte sollen Schleifkontakte sein.

Die Schalter müssen so angebracht bezw. geschützt sein, daß sie weder das Publikum noch benachbarte brennbare Teile gefährden können.

Griffe und Gehäuse sind tunlichst aus Isoliermaterial herzustellen.

§ 16.

Widerstände.

Widerstands- und Heizapparate sind derart anzuordnen, daß eine Berührung zwischen den wärmeentwickelnden Teilen und entzündlichen Stoffen sowie eine feuergefährliche Erwärmung der letzteren nicht vorkommen kann.

Die stromführenden Teile derselben dürfen während des normalen Betriebes dem Publikum nicht zugänglich sein,

Lampen und Zubehör.

§ 17.

Die unter Spannung stehenden Teile von Lampen nebst Zubehör müssen, soweit sie ohne besondere Hilfsmittel erreichbar sind, mit einer Schutzhülle aus Isoliermaterial versehen sein.

Die stromführenden Teile der Fassungen müssen auf feuersicherer Unterlage montiert und durch feuersichere Umhüllung vor Berührung geschützt sein. Stoffe, die in der Wärme entzündlich sind oder Formveränderungen erleiden, sind als Bestandteile im Innern der Fassungen ausgeschlossen,

Fassungen mit Ausschalter (Hahnfassungen) sind verboten.

Für Bogenlampen gelten die allgemeinen Mittelspannungsvorschriften.

§ 18.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker behält sich vor, Abänderungen und Erweiterungen dieser Vorschriften nach Bedürfnis herauszugeben.

III.

Sicherheitsvorschriften

für den

Betrieb elektrischer Starkstrom-Anlagen.

Herausgegeben vom

Verband Deutscher Elektrotechniker

eingetragener Verein.

(Mit ausdrücklicher Erlaubnis des Verbandes Deutscher Elektrotechniker abgedruckt.)

I. Allgemeine Betriebsvorschriften für Elektrizitätswerke und andere Stromerzeugungsanlagen.

§ 1. Vorschriften, Warnungstafeln und Pläne.

In jedem Betriebe sollen an einer geeigneten und jedem Arbeiter zugänglichen Stelle angebracht sein:

a) Die Vorschriften der zuständigen Berufsgenossenschaft einschließlich der Vorschrift über die erste Hilfeleistung bei Unglücksfällen.

b) Warnungstafeln, welche auf die Gefahr der Berührung aufmerksam machen.

Diese Warnungstafeln müssen, wenn die Leitungen oder sonstige zugängliche Betriebsmittel Hochspannung führen, den roten Blitzpfeil tragen. Das kleinste zulässige Format für Warnungstafeln beträgt 20×10 cm. Die Warnungstafeln sind außerdem noch an besonders gefährlichen Stellen anzubringen.

Es sollen ferner in jedem Betriebe für jeden Angestellten leicht erreichbar untergebracht sein:

a) das Schaltungschema der Anlage.

b) die in Frage kommenden Sicherheitsvorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker e. V.,

c) diese Betriebsvorschriften.

Die Betriebsleitung hat darauf zu achten, daß Änderungen in der Anlage im Schaltungsschema fortlaufend nachgetragen werden.

§ 2. Personal.

a) Jeder im Betriebe Beschäftigte hat von den angeschlagenen, sowie den zur Einsichtnahme bereit liegenden Vorschriften Kenntnis zu nehmen und denselben in allen Punkten nachzukommen. Insbesondere sind die bereit gestellten Schutzmittel nach Vorschrift in Gebrauch zu nehmen.

b) Die Arbeiter müssen eng anschließende Kleidung tragen.

c) Jeder im Betriebe Beschäftigte hat von allen Vorkommnissen und Zuständen, welche nach seiner Meinung eine Gefahr für die Anlage oder für Personen im Gefolge haben können, seinem Vorgesetzten unverzüglich Anzeige zu machen.

§ 3. Betriebsmittel und Beriebsräume.

a) Betriebsräume müssen, solange Personen sich darin aufhalten, hinreichend beleuchtet sein.

b) Alle Betriebsmittel sind mit den vorgeschriebenen Schutzvorrichtungen zu versehen.

c) Die Bedienungsgänge sind stets frei zu halten.

d) Die Betriebsmittel und Schutzvorrichtungen, sowie alle Betriebsräume sind in gutem Zustande und rein zu erhalten. Unter Spannung befindliche Betriebsmittel dürfen nur unter Beachtung besonderer Verhaltungsvorschriften gereinigt werden. Vorschriften und Warnungstafeln sind stets in leserlichem Zustande zu erhalten.

e) Entzündliche Gegenstände dürfen nicht in gefährlicher Nähe elektrischer Maschinen, Apparate und Leitungen aufbewahrt werden. Putzwolle ist in besonderen Metallkästen unterzubringen.

f) Zum Löschen eines etwa entstehenden Brandes sind geeignete Löschmittel wie z. B. trockener Sand, an passenden Stellen bereit zu halten. Das Anspritzen von unter Spannung stehenden Teilen ist zu unterlassen.

g) Maschinen, Apparate und Leitungen sind nach längerer Außerbetriebsetzung, besonders, wenn dieselben in feuchten Räumen sich befinden, vor der Inbetriebnahme auf Isolation zu prüfen, und letztere ist erforderlichenfalls wieder herzustellen.

h) Arbeiten an Spannung führenden Teilen sind nur unter Beachtung der im nachfolgenden angegebenen, sowie etwaiger, vom Betriebsleiter erlassener Sicherheitsvorschriften statthaft. In explosionsgefährlichen oder durchtränkten Räumen dürfen Arbeiten an Spannung führenden Teilen unter keinen Umständen ausgeführt werden.

i) Der Austausch durchgebrannter Sicherungen hat mit Vorsicht zu erfolgen und darf nur durch instruiertes Personal vorgenommen werden.

§ 4. Revisionen.

a) Alle Betriebsmittel müssen in angemessenen Zwischenräumen revidiert werden, wobei den zum Schutze des Personals und des Publikums eingeführten Schutzvorrichtungen besondere Aufmerksamkeit zu schenken ist. Dabei ist auch der Isolationszustand der Betriebsmittel und der Zustand der Erdungsleitungen zu kontrollieren.

b) Das Resultat der Revision ist in ein Buch einzutragen, welches nur diesem Zwecke dient; die erfolgte Beseitigung etwaiger Mängel ist darin ebenfalls zu vermerken.

II. Betriebsvorschriften für Freileitungen.

§ 5.

a) Der erforderliche Abstand zwischen Freileitungen und Bäumen oder Gebäudeteilen muß durch entsprechende Maßnahmen aufrecht erhalten werden.

b) Leitungsanlagen sind jährlich mindestens einmal einer Revision zu unterwerfen, Dabei sind gefahrdrohende Mängel zu beseitigen.

c) Die an den Freileitungen angebrachten Schutznetze, Blitzableiter und Erdungsstellen sind im guten Zustande zu erhalten.

III. Betriebsvorschriften für elektrische Installationen und Stromverbraucher, welche mit Niederspannung betätigt werden.

§ 6. Zustand der Anlagen.

Die elektrischen Anlagen sind den „Sicherheitsvorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen“ des Verbandes Deutscher Elektrotechniker entsprechend in ordnungsmäßigem Zustande zu erhalten. Insbesondere ist den folgenden Punkten Aufmerksamkeit zuzuwenden:

a) Der Zugang zu Maschinen und Apparaten, insbesondere Schalt- und Verteilungstafeln, muß stets frei gehalten werden.

b) Schutzkästen und Schutzhüllen jeder Art müssen in brauchbarem Zustande erhalten werden.

c) Warnungsschilder, Bedienungsvorschriften usw., soweit vorgeschrieben, sind in leserlichem Zustande zu erhalten.

§ 7. Revisionen.

a) Zur Kontrolle ihres ordnungsmäßigen Zustandes sind alle Anlagen zunächst vor Inbetriebsetzung und sodann in angemessenen Zwischenräumen zu revidieren, wobei den vorgeschriebenen Schutzvorrichtungen besondere Aufmerksamkeit zu schenken ist. Hierbei ist auch der Isolationzustand der Anlagen zu kontrollieren. Erhebliche Erweiterungen sind wie Neuanlagen zu behandeln.

b) Werden bei der Revision Fehler entdeckt, so sind dieselben in angemessener Frist zu beseitigen.

c) Über jede Revision ist ein Protokoll aufzunehmen, in das die etwa vorgefundenen

Fehler und die zu ihrer Beseitigung empfohlenen Maßnahmen einzutragen sind.

d) Die Revisionen haben stattzufinden; In Warenhäusern, Theatern, sowie feuergefährlichen und durchtränkten Räumen, jährlich mindestens einmal; in gewöhnlichen Läden, Betriebsräumen und Bureaus alle drei Jahre einmal; in Wohnungen alle fünf Jahre einmal.

§ 8. Arbeiten im Betriebe.

a) Jede unnötige Berührung von ungeschützten stromführenden Leitungen, sowie Teilen von Maschinen, Apparaten und Lampen ist verboten.

b) Installationsarbeiten an unter Spannung stehenden Leitungen und Apparaten sind nach Möglichkeit zu vermeiden.

c) Betriebsarbeiten (Reinigungs- und Instandhaltungsarbeiten) dürfen nur durch instruiertes Personal ausgeführt werden, und zwar, wenn irgend angängig, nur im spannungslosen Zustand der Leitungen. Sämtliche Betriebsarbeiten dürfen nur bei ausreichender Beleuchtung vorgenommen werden.

d) In explosionsgefährlichen oder durchtränkten Räumen sind Arbeiten unter Spannung verboten.

e) Wenn Arbeiten unter Spannung vorgenommen werden müssen, so sind bei deren Ausführung die folgenden Bestimmungen zu beachten:

1. Nach Möglichkeit müssen an den betreffenden Apparaten, Schalttafeln usw. alle ungeschützten unter Spannung stehenden Teile so weit abgedeckt werden, daß die gleichzeitige Berührung verschiedener Polaritäten oder Phasen für den Arbeitenden ausgeschlossen ist.
2. Es dürfen nur Werkzeuge benutzt werden, deren Metallteile, sofern ihre Handhabung es zuläßt, mit Isoliermaterial überzogen sind.
3. Der Arbeitende hat sich auf eine isolierende Unterlage zu stellen und dabei die Berührung unisoliert stehender Personen und leitender Gegenstände zu vermeiden.

IV. Betriebsvorschriften für Akkumulatorenanlagen.

§ 9.

a) Akkumulatorenräume müssen während der Ladung gut gelüftet werden. Offene Flammen und glühende Körper dürfen während der Überladung nur bei Reparaturen und dann nur bei Anwendung entsprechender Vorsichtsmaßregeln in denselben geduldet werden.

b) Die Gebäudeteile und Betriebsmittel einschließlich der Leitungen, sowie die isolierenden Bedienungsgänge sind vor schädlicher Einwirkung der Säure zu schützen und von Zeit zu Zeit auf gute Beschaffenheit zu untersuchen.

c) Verschüttete Säure ist tunlichst bald unschädlich zu machen.

d) Für die in Akkumulatorenanlagen beschäftigten Arbeiter sind erforderlichenfalls entsprechende Schutzmittel bereit zu halten.

e) Essen, Trinken und Rauchen in Akkumulatorenräumen ist verboten. Die Akkumulatorenwärter sind zur Reinlichkeit anzuhalten, und auf die Gefahren, welche Säure und Bleisalze mit sich bringen, aufmerksam zu machen. Für ausreichende Wascheinrichtungen und Waschmittel ist Sorge zu tragen.

V. Betriebsvorschriften für Hochspannungsanlagen.

§ 10.

Räume, in welchen Hochspannung führende Teile ungeschützt (d. h. zufälliger Berührung zugänglich) angebracht sind, sind durch Warnungstafeln zu kennzeichnen und verschlossen zu halten. Sie dürfen während des Betriebes zur Vornahme von Arbeiten nur von mindestens zwei Personen, die speziell dazu ermächtigt und eingehend instruiert sind, betreten werden. Eine Berührung Hochspannung führender Leitungen und Apparate ist wegen der damit verbundenen Lebensgefahr verboten.

§ 11.

Diejenigen Vorsichtsmaßregeln, welche für Arbeiten unter Spannung gelten, sind zu beachten:

1. wenn die Erdung und Kurzschließung an der Arbeitsstelle selbst nicht ausführbar ist (z. B. Demontage von Kabelmuffen),
2. wenn der mit der Ausführung Beauftragte nicht selbst in der Lage ist, sich davon zu überzeugen, daß die Abschaltung, Erdung und Kurzschließung an geeigneter Stelle (wie Station, Schalthaus, Säule) vorgenommen ist,

3. wenn eine Unsicherheit darüber besteht, ob das Kabel, an welchem gearbeitet werden soll, mit dem abgeschalteten und kurzgeschlossenen wirklich identisch ist.

a) An elektrischen Maschinen, Apparaten und Teilen des Leitungsnetzes darf nur nach vorheriger Ausschaltung und einer unmittelbar an der Arbeitsstelle vorgenommenen Erdung und Kurzschließung der zur Stromleitung dienenden Teile gearbeitet werden. Zur Erdung und Kurzschließung*) dürfen Leitungen unter 10 qmm nicht verwendet werden.

b) Um behufs Ausführung der verlangten Arbeiten die erforderlichen Abschaltungen der entsprechenden Hochspannungskabel mit Sicherheit vornehmen können, ist in jeder Schalt- und Transformatorenstation ein schematischer Übersichtsplan niederzulegen, in welchem die vorzunehmenden Ausschaltungen, sowie, falls erforderlich, deren Reihenfolge bezeichnet sind.

c) Ist aus dringenden Betriebsrücksichten eine Abschaltung desjenigen Teiles der Anlage, an welchem selbst oder in dessen unmittelbarer Nähe gearbeitet werden soll, nicht möglich, so sind folgende Vorsichtsmaßregeln zu erfüllen:

1. Diese Arbeiten dürfen nur in Gegenwart des Betriebsleiters oder eines von ihm besonders Beauftragten ausgeführt werden.
2. Die Arbeiter müssen gegen die Einwirkung der Hochspannung geschützt sein. Die gute Beschaffenheit der Schutzmittel ist vom Arbeiter vor jedesmaligem Gebrauch zu prüfen.
3. Es sind die erforderlichen Maßnahmen zu treffen, um ein unabsichtliches, mit Gefahr verbundenes Berühren Hochspannung führender Metallteile zu verhindern.

d) Sicherungen und Unterbrechungsstücke, die nicht so konstruiert sind, daß man sie ohne weiteres gefahrlos handhaben kann, müssen mit isolierender Zange eingesetzt und herausgenommen werden.

e) Eine Unterbrechung des Stromkreises mittels Sicherung, Unterbrechungsstück oder Steckkontakt darf nur erfolgen, wenn schädliche Lichtbogenbildung dabei nicht auftreten kann.

f) Sind bei Betriebsstörungen oder zur Vornahme von Arbeiten Teile des Leitungsnetzes oder der sonstigen Betriebsmittel oder die ganze Centrale ausgeschaltet worden, so darf die Wiedereinschaltung erst dann erfolgen, wenn die Betriebsleiter oder ein von ihm besonders Beauftragter sich davon überzeugt hat, daß das gesamte Personal von den Arbeitsstellen zurückgezogen bzw. jeder einzelnen in Betracht kommenden Person von der beabsichtigten Einschaltung rechtzeitig Kenntnis gegeben ist. Die Meldungen sind auch durch Telephon zulässig. Eine vorherige Vereinbarung der Wiederinbetriebsetzung auf einen bestimmten Zeitpunkt genügt allein nicht. Außerdem hat sich der Betriebsleiter oder ein von ihm besonders Beauftragter zu überzeugen, daß alle Schaltungen und Verbindungen in richtiger Weise ordnungsmäßig wiederhergestellt sind und keine Verbindungen bestehen, durch welche ein Übertritt der Hochspannung in außer Betrieb bleibende Teile verursacht werden kann.

g) Das gleiche gilt von neu in Betrieb zu setzenden Leitungen und Apparaten usw.; jedoch hat in diesem Falle der Betriebsleiter oder der von ihm Beauftragte außerdem die Pflicht, sich durch Inaugenscheinnahme aller zugänglichen Stellen, allenfalls auch durch Vornahme entsprechender Prüfungen, davon zu überzeugen, daß durch die Inbetriebsetzung eine Gefährdung von Menschenleben ausgeschlossen ist.

§ 12.

Jeder im Hochspannungsbetrieb Beschäftigte hat alle wahrgenommenen außerge-

*) Die Kurzschließung und Erdung bezwecken, dem Personal ein Berühren der betreffenden Leiterteile ohne Gefährdung zu ermöglichen. Die Kurzschließung soll dabei unter anderem bewirken, daß bei irrtümlicher Einschaltung derjenigen Leiterteile, an welchen gearbeitet wird, die zugehörigen Sicherungen abschmelzen und die Leitung dadurch stromlos. Da wird hierbei jedoch die Schmelzsicherung einer Leitung (eines Poles) unversehrt bleiben, und letztere somit die Hochspannung gegen Erde behalten kann, so ist die betreffende Leitung außerdem noch zu erden. Durch diese Erdverbindung kann unter Umständen ein derartig starker Strom fließen, daß auch die letzte Sicherung der geerdeten Leitung funktioniert. Deshalb ist die Erdungsverbindung so herzustellen, daß sie genügende Leitungsfähigkeit besitzt.

wöhnlichen Vorkommnisse und Störungen sofort dem nächsten Vorgesetzten zu melden und ist verpflichtet, alle zu seinem Arbeitsbereich gehörigen Maßnahmen zu treffen, nach welche der erhaltenen Instruktion geeignet erscheinen, Gefahren für Personen und für den Betrieb zu verhindern oder zu beseitigen.

VI. Zustand der Anlagen und Revisionen.

§ 13.

Die Vorschriften der §§ 6 und 7 finden auch für Hochspannungsanlagen sinngemäße Anwendung.

VII. Inkrafttreten dieser Vorschriften.

§ 14.

a) Diese Vorschriften treten mit dem 1. März 1903 in Kraft.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker behält sich vor, sie den Fortschritten und Bedürfnissen der Technik entsprechend abzuändern.

Der Vorsitzende der Kommission.

Budde.

IV.

Normalien

für

Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren.

Herausgegeben vom

Verband Deutscher Elektrotechniker

eingetragener Verein.

(Mit ausdrücklicher Erlaubnis des Verbandes Deutscher Elektrotechniker abgedruckt.

Definitionen.

Generator oder Dynamo ist jede rotierende Maschine, die mechanische in elektrische Leistung verwandelt.

Motor ist jede rotierende Maschine, die elektrische in mechanische Leistung verwandelt.

Motorgenerator ist eine Doppelmaschine, bestehend in der direkten mechanischen Kuppelung eines Motors mit einem Generator.

Umformer ist eine Maschine, bei welcher die Umformung des Stromes in einem gemeinsamen Anker stattfindet.

Wird im folgenden das Wort elektrische Maschine oder Maschine schlechthin gebraucht, so ist darunter, je nach dem Zusammenhang, einer der vorgenannten Gegenstände zu verstehen.

Anker ist bei elektrischen Maschinen derjenige Teil, in welchem durch die Einwirkungen eines magnetischen Feldes elektromotorische Kräfte erzeugt werden.

Transformator ist ein Apparat für Wechselströme ohne bewegte Teile zur Umwandlung elektrischer in elektrische Leistung.

Unter Spannung bei Drehstrom ist die verkettete effektive Spannung (Spannung zwischen je zwei der drei Hauptleitungen) zu verstehen.

Unter Sternspannung bei Drehstrom ist die Spannung zwischen dem Nullpunkt und je einem der drei Hauptleiter zu verstehen.

Unter Übersetzung bei Transformatoren ist das Verhältnis der Spannungen bei Leerlauf zu verstehen.

Unter Frequenz ist die Anzahl der vollen Perioden in der Sekunde zu verstehen.

Die für Wechselstrom gegebenen Vorschriften gelten sinngemäß auch für Mehrphasenstrom.

Allgemeine Bestimmungen.

§ 1.

Die folgenden Bestimmungen gelten nur insofern, als sie nicht durch ausdrücklich vereinbarte Lieferungsbedingungen abgeändert werden.

Ausgenommen hiervon sind die Vorschriften über die Leistungsschilder (vgl. §§ 4, 5, 6), die immer erfüllt sein müssen.

Maschinen oder Transformatoren ohne Leistungsschild oder mit einem anderen als dem weiter unten vorgeschriebenen Leistungsschild werden als diesen Normalien nicht entsprechend angesehen,

Leistung.

§ 2.

Als Leistung gilt bei allen Maschinen und Transformatoren die abgegebene. Dieselbe ist anzugeben bei Gleichstrom in Kilowatt (KW), bei Wechselstrom in Kilowatt mit Angabe des Leistungsfaktors. Bei Abgabe von mechanischer Leistung ist dieselbe in Pferdestärken (PS) anzugeben.

Außerdem sind anzugeben und auf dem Leistungsschild (vergl. §§ 4, 5, 6) oder auf einem besonderen Schild zu verzeichnen die normalen Werte von Tourenzahl bezw. Frequenz, Spannung und Stromstärke.

§ 3.

In bezug auf die Leistung sind folgende Betriebsarten zu unterscheiden:

a) der intermittierende Betrieb, bei dem nach Minuten zählende Arbeitsperioden und Ruhepausen abwechseln (zB. Motoren für Kräne, Aufzüge, Straßenbahnen u. dergl.);
b) der kurzzeitige Betrieb, bei dem die Arbeitsperiode kürzer ist als nötig, um die Endtemperatur zu erreichen, und die Ruhepause lang genug, damit die Temperatur wieder annähernd auf die Lufttemperatur sinken kann;
c) der Dauerbetrieb, bei dem die Arbeitsperiode so lang ist, daß die Endtemperatur erreicht wird.

§ 4.

Als normale Leistung von Maschinen und Transformatoren für intermittierende Betriebe ist die Leistung zu verstehen und anzugeben, welche ohne Unterbrechung eine Stunde lang abgegeben werden kann, ohne daß die Temperaturzunahme den weiter unten als zulässig bezeichneten Wert überschreitet. Diese Leistung ist auf einem Schild unter der Bezeichnung „intermittierend“ anzugeben.

§ 5.

Als normale Leistung von Maschinen und Transformatoren für kurzzeitigen Betrieb ist die Leistung zu verstehen und anzugeben, welche während der vereinbarten Betriebszeit abgegeben werden kann, ohne daß die Temperaturzunahme den weiter unten als zulässig bezeichneten Wert überschreitet. Diese Leistung ist unter der Bezeichnung „für . . . St.“ auf einem Schild anzugeben.

§ 6.

Als normale Leistung von Maschinen und Transformatoren für Dauerbetrieb ist die Leistung zu verstehen und anzugeben, welche während beliebig langer Zeit abgegeben werden kann, ohne daß die Temperaturzunahme den weiter unten als zulässig angegebenen Wert überschreitet. Diese Leistung ist auf einem Schild unter der Bezeichnung „dauernd“ anzugeben.

§ 7.

Die gleichzeitige Angabe der Leistung für verschiedene Betriebsarten ist zulässig.

§ 8.

Bei Generatoren und Umformern mit veränderlicher Spannung genügt die Verzeichnung der normalen Werte von Spannung, Stromstärke und Tourenzahl auf dem Schild; die zusammengehörigen Grenzwerte müssen jedoch in den Lieferungsbedingungen angegeben werden.

§ 9.

Maschinen mit Kollektor müssen bei jeder Belastung innerhalb der zulässigen Grenzen bei günstigster Bürstenstellung und eingelaufenen Bürsten so weit funkenfrei laufen, daß ein Behandeln des Kollektors mit Glaspapier oder dergl. höchstens nach je 24 Betriebsstunden erforderlich ist.

Temperaturzunahme.

§ 10.

Die Temperaturzunahme von Maschinen und Transformatoren ist bei normaler Leistung und unter Berücksichtigung der oben definierten Betriebsarten zu messen, nämlich:

1. bei intermittierenden Betrieben nach Ablauf eines ununterbrochenen Betriebes von einer Stunde;
2. bei kurzzeitigen Betrieben nach Ablauf eines ununterbrochenen Betriebes während der auf dem Leistungsschild verzeichneten Betriebszeit;
3. bei Dauerbetrieben:
   a) bei Maschinen nach Ablauf von zehn Stunden;

b) bei Transformatoren nach Ablauf jener Betriebszeit, welche nötig ist, um die stationäre Temperatur zu erreichen.

§ 11.

Sofern für kleinere Maschinen unzweifelhaft feststeht, daß die stationäre Temperatur in weniger als zehn Stunden erreicht wird, so kann die Temperaturzunahme nach entsprechend kürzerer Zeit gemessen werden.

§ 12.

Bei der Prüfung auf Temperaturzunahme dürfen die betriebsmäßig vorgesehenen Umhüllungen, Abdeckungen, Ummantelungen usw. von Maschinen und Transformatoren nicht entfernt, geöffnet oder erheblich verändert werden. Eine etwa durch den praktischen Betrieb hervorgerufene und bei der Konstruktion in Rechnung gezogene Kühlung kann im allgemeinen bei der Prüfung nachgeahmt werden, jedoch ist es nicht zulässig, bei Straßenbahnmotoren den durch die Fahrt erzeugten Luftzug bei der Prüfung künstlich herzustellen.

§ 13.

Als Lufttemperatur gilt jene der zuströmenden Luft oder, wenn keine entschiedene Luftströmung bemerkbar ist, die mittlere Temperatur der die Maschine umgebenden Luft in Höhe der Maschinenmitte, wobei in beiden Fällen in etwa 1 m Entfernung von der Maschine zu messen ist. Die Lufttemperatur ist während des letzten Viertels der Versuchszeit in regelmäßigen Zeitabschnitten zu messen und daraus der Mittelwert zu nehmen.

§ 14.

Wird ein Thermometer zur Messung der Temperatur verwendet, so muß eine möglichst gute Wärmeleitung zwischen diesem und dem zu messenden Maschinenteil herbeigeführt werden, zB. durch Stanniolumhüllung. Zur Vermeidung von Wärmeverlusten wird die Kugel des Thermometers und die Meßstelle außerdem mit einem schlechten Wärmeleiter (trockener Putzwolle u. dergl.) überdeckt. Die Ablesung findet erst statt, nachdem das Thermometer nicht mehr steigt.

§ 15.

Mit Ausnahme der mit Gleichstrom erregten Feldspulen und allerr uhenden Wickelungen werden alle Teile der Generatoren und Motoren mittels Thermometer auf ihre Temperaturzunahme untersucht.

Bei thermometrischen Messungen sind, so weit wie möglich, jeweilig die Punkte höchster Temperatur zu ermitteln, und die dort gemessenen Temperaturen sind maßgebend.

§ 16,

Die Temperatur der mit Gleichstrom erregten Feldspulen und aller ruhenden Wickelungen bei Generatoren und Motoren ist aus der Widerstandszunahme zu bestimmen. Dabei ist, wenn der Temperaturkoëffizient des Kupfers nicht für jeden Fall besonders bestimmt wird, dieser Koëffizient als 0,004 anzunehmen.

§ 17.

Bei Transformatoren wird die höchste an irgend einem Punkte vorkommende Temperatur der Wickelungen durch Thermometer gemessen. Bei Öltransformatoren wird die Temperatur der oberen Ölschichten gemessen.

§ 18.

In gewöhnlichen Fällen und insofern die Lufttemperatur 35° C nicht übersteigt, darf die nach §§ 15 bis 17 ermittelte Temperatur-**Zunahme** folgende Werte nicht **übersteigen:**

a) an isolierten Wickelungen und Schleifringen

bei Baumwollisolierung . . . . 50° C
„ Papierisolierung . . . . . 60° C
„ Isolierung durch Glimmer, Asbest und deren Präparate . 80° C

Für ruhende Wickelungen sind um 10° C höhere Werte zulässig.

b) an Kollektoren . . . . . 60° C.

c) an Eisen von Generatoren und Motoren, in das Wickelungen eingebettet sind, je nach der Isolierung der Wickelung die Werte unter a.

§ 19.

Bei Straßenbahnmotoren darf die nach §§ 15 und 16 nach einstündigem ununterbrochenem Betriebe mit normaler Belastung im Versuchsraum ermittelte Temperatur-

Zunahme folgende Werte nicht **übersteigen:**

a) an isolierten Wickelungen und Schleifringen

bei Baumwollisolierung	. . . .	70° C
„ Papierisolierung	. . . . .	80° C
„ Isolierung durch Glimmer, Asbest und deren Präparate	.	100° C

Eine Erhöhung dieser Grenzen für ruhende Wickelungen ist nicht zulässig.

b) an Kollektoren . . . . . . 80° C

c) an Eisen, in das Wickelungen eingebettet sind, je nach der Isolierung der Wickelung die Werte unter a.

§ 20.

Bei kombinierten Isolierungen gilt die untere Grenze.

§ 21.

Bei dauernd kurzgeschlossenen Wickelungen können vorstehende Grenzwerte überschritten werden.

Überlastung.

§ 22.

Im praktischen Betriebe sollen Überlastungen nur so kurze Zeit oder bei solchem Temperaturzustand der Maschinen und Transformatoren vorkommen, daß die zulässige Temperaturzunahme dadurch nicht überschritten wird. Mit dieser Einschränkung müssen Maschinen und Transformatoren in den folgenden Grenzen überlastungsfähig sein:

Generatoren Motoren Umformer	25% während 1/2 Stunde, wobei bei Wechselstromgeneratoren der Leistungsfaktor nicht unter dem auf dem Schilde verzeichneten Werte anzunehmen ist.
Motoren Umformer Transformatoren	40% während 3 Minuten, wobei für Motoren die normale Klemmenspannung einzuhalten ist.

Der Kollektor der Gleichstrommaschinen und Umformer darf hierbei nicht so stark angegriffen werden, daß der Gang bei normaler Leistung dem § 9 nicht mehr genügt.

In bezug auf mechanische Festigkeit müssen Maschinen, die betriebsmäßig mit annähernd konstanter Tourenzahl arbeiten, leerlaufend eine um 15% erhöhte Tourenzahl unerregt und vollerregt 5 Minuten lang aushalten.

§ 23.

Generatoren müssen bei konstanter Tourenzahl die Spannung bis zu 15% Überlastung konstant halten können, wobei der Leistungsfaktor bei Wechselstromgeneratoren nicht unter dem auf dem Schilde verzeichneten Werte anzunehmen ist.

§ 24.

Die Prüfung soll die mechanische und elektrische Überlastungsfähigkeit ohne Rücksicht auf Erwärmung feststellen und deshalb bei solcher Temperatur beginnen, daß die zulässige Temperaturzunahme nicht überschritten wird.

§ 25.

Diese Vorschriften gelten auch für Generatoren mit veränderlicher Spannung, bei denen die Spannungsänderung durch annähernd proportionale Änderung der Tourenzahl erreicht wird. Bei Generatoren mit annähernd konstanter Tourenzahl (so daß sie bei normaler Spannung mit abgeschwächtem Felde arbeiten) ist von einer Überlastungsprobe abzusehen. Das gleiche gilt von Motoren, wenn sie mit abgeschwächtem Felde arbeiten.

Isolation.

§ 26.

Die Messung des Isolationswiderstandes wird nicht vorgeschrieben, wohl aber eine Prüfung auf Isolierfestigkeit (Durchschlagsprobe), welche am Erzeugungsort, bei größeren Objekten auch vor Inbetriebsetzung am Aufstellungsort vorzunehmen ist. Maschinen und Transformatoren müssen imstande sein, eine solche Probe mit einer in nachfolgendem festgesetzten höheren Spannung, als die normale Betriebsspannung ist, 1/2 Stunde lang auszuhalten. Die Prüfung ist bei warmem Zustande der Maschine vorzunehmen und später nur ausnahmsweise zu wiederholen, damit die Gefahr einer späteren Beschädigung vermieden wird.

Maschinen und Transformatoren bis 5000 V sollen mit der doppelten Betriebsspannung, jedoch nicht mit weniger als 100 V geprüft werden. Maschinen und Transformatoren von 5000 bis 10000 V sind mit 5000 V Über-

spannung zu prüfen. Von 10000 V an beträgt die Prüfspannung das Eineinhalbfache der Betriebsspannung.

§ 27.

Diese Prüfspannungen beziehen sich auf Isolation von Wickelungen gegen das Gestell, sowie bei elektrisch getrennten Wickelungen gegeneinander. Im letzteren Falle ist bei Wickelungen verschiedener Spannung immer die höchste sich ergebende Prüfspannung anzuwenden.

§ 28.

Zwei elektrisch verbundene Wickelungen verschiedener Spannung sind gleichfalls mit der der Wickelung höchster Spannung entsprechenden Prüfspannung gegen Gestell zu prüfen.

§ 29.

Sind Maschinen oder Transformatoren in Serie geschaltet, so sind, außer obiger Prüfung, die verbundenen Wickelungen mit einer der Spannung des ganzen Systems entsprechenden Prüfspannung gegen Erde zu prüfen.

§ 30.

Obige Angaben über die Prüfspannung gelten unter der Annahme, daß die Prüfung mit gleicher Stromart vorgenommen wird, mit welcher die Wickelungen im Betriebe benutzt werden. Sollte dagegen eine betriebsmäßig von Gleichstrom durchflossene Wickelung mit Wechselstrom geprüft werden, so braucht nur der 0,7-fache Wert der vorgenannten Prüfspannung angewendet zu werden. Wird umgekehrt eine betriebsmäßig von Wechselstrom durchflossene Wickelung mit Gleichstrom geprüft, so muß die Prüfspannung 1,4-mal so hoch genommen werden, wie oben angegeben.

§ 31.

Ist eine Wickelung betriebsmäßig mit dem Gestell leitend verbunden, so ist diese Verbindung für die Prüfung auf Isolierfestigkeit zu unterbrechen. Die Prüfspannung einer solchen Wickelung gegen Gestell richtet sich dann aber auch nur nach der größten Spannung, welche zwischen irgend einem Punkte der Wickelung und des Gestelles im Betriebe auftreten kann.

§ 32.

Für Magnetspulen mit Fremderregung ist die Prüfspannung das Dreifache der Erregerspannung, jedoch mindestens 100 V.

Die Wickelung des Sekundärankers asynchroner Motoren ist mit der doppelten Anlaufspannung zu prüfen, jedoch mindestens mit 100 V. Kurzschlußanker brauchen nicht geprüft zu werden.

§ 33.

Maschinen und Transformatoren sollen durch 5 Minuten eine um 30% erhöhte Betriebsspannung aushalten können.

Bei Maschinen darf die Überspannungsprobe mit einer Steigerung der Tourenzahl bis zu 15% verbunden werden, wobei jedoch nicht gleichzeitig eine Überlastung eintreten darf.

Diese Prüfung soll nur die Isolierfestigkeit feststellen und bei solcher Temperatur beginnen, daß die zulässige Temperaturzunahme nicht überschritten wird.

Wirkungsgrad.

§ 34.

Der Wirkungsgrad ist das Verhältnis der abgegebenen zur zugeführten Leistung. Er kann durch direkte Messung der Leistungen oder indirekt durch Messung der Verluste bestimmt werden. Die indirekten Methoden sind leichter durchzuführen, durch Beobachtungsfehler weniger beeinflußt und aus diesen Gründen in der Regel vorzuziehen. Bei Angabe des Wirkungsgrades ist die Methode zu nennen, nach welcher er bestimmt werden soll, beziehungsweise bestimmt wurde, wozu ein Hinweis auf den entsprechenden Paragraphen dieser Normalien genügt.

Die Angabe des Wirkungsgrades soll sich stets auf die dem normalen Betriebe entsprechende Erwärmung beziehen.

Der Wirkungsgrad ist unter Berücksichtigung der Betriebsart (vergl. §§ 4, 5, 6) anzugeben.

Wenn bei Wechselstrommotoren und Transformatoren nichts besonderes vereinbart ist, so braucht der angegebene Wirkungsgrad nur beim Anschluß an eine Stromquelle mit nahezu sinusförmiger E. M. K. und, sofern Mehrphasensysteme in Betracht kommen, nur bei symmetrischen Systemen erreicht zu werden.

Der Wirkungsgrad ohne besondere Angabe der Belastung bezieht sich auf die normale Belastung.

Die für Felderregung nötige und im Feldrheostat verlorene Leistung ist als Verlust in Rechnung zu ziehen.

Wird künstliche Kühlung verwendet, so ist bei Angabe des Wirkungsgrades zu bemerken, ob die für die Kühlung erforderliche Leistung als Verlust mit in Rechnung gezogen ist. Fehlt eine derartige Bemerkung, so versteht sich der Wirkungsgrad mit Einschluß dieser Verluste.

§ 35.

Für Generatoren, synchrone Motoren und Transformatoren ist der Wirkungsgrad unter Voraussetzung von Phasengleichheit zwischen Strom und Spannung anzugeben.

§ 36.

Bei Maschinen mit besonderen Erregermaschinen ist der Wirkungsgrad beider Maschinen getrennt anzugeben.

Methoden zur Bestimmung des Wirkungsgrades.

§ 37.

Die direkte elektrische Methode: Diese Methode kann angewendet werden bei Motorgeneratoren, Umformern und Transformatoren, indem man die abgegebene, sowie zugeführte Leistung durch elektrische Messungen ermittelt. Zwecks Verwendung gleichartiger Meßinstrumente empfiehlt es sich bei dieser Methode, gleichartige Maschinen oder Transformatoren paarweise zu prüfen.

§ 38.

Die indirekte elektrische Methode: Sind zwei Maschinen gleicher Leistung, Type und Stromart vorhanden, so werden sie mechanisch und elektrisch derart gekuppelt, daß die eine als Generator, die andere als Motor läuft. Der Betrieb des Systems erfolgt durch Stromzuführung von einer äußeren Stromquelle aus in der Weise, daß nur die zur Deckung der Verluste nötige Leistung zugeführt und gemessen wird. Der Betriebszustand der beiden Maschinen ist so einzuregulieren, daß der Mittelwert zwischen der dem Motor zugeführten und der vom Generator abgegebenen Leistung so nahe als möglich gleich ist der normalen Leistung der einzelnen Maschine. Dieser Mittelwert wird durch Messung bestimmt. Die zur Deckung der Verluste nötige Leistung kann auch mechanisch zugeführt und elektrisch gemessen werden. Ist bei diesen Messungen Riemenübertragung nicht zu vermeiden, so sind die dadurch verursachten Verluste entsprechend zu berücksichtigen.

Die vorstehend beschriebene Methode ist auch bei Transformatoren anwendbar, sofern dieselben in bezug auf Leistung, Spannung und Frequenz identisch sind. Der in etwaigen Hilfsapparaten entstehende Verlust ist sinngemäß zu berücksichtigen.

§ 39.

Die direkte Bremsmethode: Diese Methode ist im allgemeinen bei kleineren Motoren brauchbar, kann aber für einen kleineren Generator, der sich als Motor betreiben läßt, auch verwendet werden, doch müssen dann die Verhältnisse so gewählt werden, daß die magnetische und mechanische Beanspruchung, Tourenzahl und Leistung während der Prüfung möglichst wenig von den entsprechenden Größen bei der Benutzung als Generator abweichen.

§ 40.

Die indirekte Bremsmethode: Ist ein Generator bezw. Motor von entsprechender Leistung vorhanden, dessen Wirkungsgrad bei verschiedenen Belastungen genau bekannt ist, so kann dieser als Bremse bezw. als Antriebsmotor benutzt werden.

Wird hierbei eventuell eine Riemenübertragung verwendet, so ist der dadurch entstehende Verlust zu berücksichtigen,

§ 41.

Leerlaufsmethode: Bei Leerlauf als Motor wird der Verlust, welcher zum Betriebe der Maschine bei normaler Tourenzahl und Feldstärke in eingelaufenem Zustande auftritt, bestimmt. Dieser stellt den durch Luft-, Lager- und Bürstenreibung, Hysteresis und Wirbelströme bedingten Verlust dar, dessen Änderung mit der Belastung nicht berücksichtigt wird. Durch elektrische Messungen und Umrechnungen wird der Verlust durch Stromwärme in Feld-, Anker-, Bürsten- und

Übergangswiderstand, bei entsprechender Belastung ermittelt, wobei bezüglich des letzteren auf die Bewegung und die richtige Stromstärke, bezüglich der ersteren auf den warmen Zustand der Maschine Rücksicht zu nehmen ist. Bei asynchronen Motoren können die Verluste im Sekundäranker anstatt durch Widerstandsmessungen durch Messung der Schlüpfung bestimmt werden. Ein etwaiger bei normalem Betriebe in einem Vorschaltwiderstand für die Feldwicklung auftretender Verlust ist mit in Rechnung zu ziehen. Diese Methode ist auch sinngemäß für Transformatoren verwendbar.

Die Summe der vorstehend erwähnten Verluste wird als „meßbarer Verlust“ bezeichnet. Als Wirkungsgrad wird angesehen das Verhältnis der Leistung zur Summe von Leistung und „meßbarem Verlust“.

§ 42.

Hilfsmotormethode: Stellen sich der direkten Ermittlung des Verlustes für Luft-, Lager- und Bürstenreibung, sowie Hysteresis und Wirbelströme in gewissen Fällen Schwierigkeiten entgegen, oder ist eine gleichartige Stromquelle, wie die zu untersuchende Maschine nötig hat, nicht vorhanden, so kann der Verlust für Luft-, Lager- und Bürstenreibung, sowie Hysteresis und Wirbelströme durch einen Hilfsmotor festgestellt werden. Die Feststellung des Verlustes für Luft-, Lager- und Bürstenreibung, sowie Hysteresis und Wirbelströme der zu untersuchenden Maschine hat dann dadurch zu geschehen, daß man die dem antreibenden Motor zugeführte Leistung bei normaler Erregung der zu untersuchenden Maschine feststellt und davon die im Hilfsmotor, sowie die in der event. Riemenübertragung entstehenden Verluste abzieht. Die Verluste im Hilfsmotor sind durch Leerlauf des Hilfsmotors bei gleicher Tourenzahl und Spannung wie während des ersten Versuches festzustellen, sowie durch die Belastung hinzukommende Verluste in Feld-, Anker-, Bürsten- und Übergangswiderstand durch elektrische Messungen entsprechend den Angaben unter § 41 zu bestimmen. Im übrigen ist bezüglich der zu untersuchenden Maschine genau wie in § 41 zu verfahren und ist auch der Wirkungsgrad in gleicher Weise definiert.

Als Hilfsmotor kann auch die Antriebsdampfmaschine verwendet werden, wenn sie von der Dynamo abkuppelbar ist. Die Ermittlung muß dann in der Weise vorgenommen werden, daß zuerst die Dampfmaschine einschließlich unbelastetem Generator mit normaler Tourenzahl und Erregung und dann, wieder nachdem die Kuppelung gelöst ist, die Dampfmaschine allein indiziert wird. Die Differenz zwischen beiden ist als Leerlaufsverlust für Luft-, Lager- und Bürstenreibung, sowie für Hysteresis und Wirbelströme zu betrachten, wobei auf etwaige gleichzeitig von der Dampfmaschine erzeugte Erregung Rücksicht zu nehmen ist. Wegen der den Leerlaufdiagrammen anhaftenden Ungenauigkeit ist diese Methode mit besonderer Vorsicht zu verwenden.

§ 43.

Indikatormethode: Wird der Generator durch eine Dampfmaschine direkt angetrieben, und ist er nicht abkuppelbar, so ist der Wirkungsgrad ohne Rücksicht auf Reibung zu bestimmen. Die bei Leerlauf auftretenden Hysteresis- und Wirbelstromverluste sind bei normaler Tourenzahl und Klemmenspannung mit Indikatordiagrammen derart zu bestimmen, daß die Dampfmaschine bei erregtem und unerregtem Felde indiziert wird. Wird die Erregung von der gleichen Dampfmaschine geliefert, so ist die dafür benötigte Leistung in Abzug zu bringen. Die verbleibende Differenz wird als der durch Hysteresis und Wirbelstrom bei Leerlauf erzeugte Verlust angesehen, dessen Änderung mit der Belastung nicht berücksichtigt wird. Durch elektrische Messungen und Umrechnungen wird der Verlust durch Stromwärme in Feld, Anker, Bürsten und deren Übergangswiderstand bei Belastung ermittelt, wobei bezüglich des letzteren auf die Bewegung und die richtige Stromstärke, bezüglich der ersteren auf den warmen Zustand der Maschine Rücksicht zu nehmen ist. Ein etwaiger bei normalem Betriebe in einem Vorschaltwiderstand für die Feldwicklung auftretender Verlust ist mit in Rechnung zu ziehen. Die Summe der vorstehend erwähnten Verluste wird als „meßbarer Verlust“ bezeichnet. Als Wirkungsgrad wird das Verhältnis der Leistung zur Summe von Leistung und „meßbarem Verlust“ an-

gesehen. Wegen der den Leerlaufdiagrammen anhaftenden Ungenauigkeit ist diese Methode mit besonderer Vorsicht zu verwenden.

§ 44.

Trennungsmethode: Bei Maschinen, die nur unter Benutzung von fremden Lagern arbeiten können, ist der Wirkungsgrad ohne Rücksicht auf Reibung in folgender Weise zu bestimmen. Der Verlust für Hysteresis und Wirbelströme wird elektrisch festgestellt dadurch, daß die Maschine in ähnlicher Weise wie bei der Leerlaufsmethode, als Motor laufend, untersucht wird. Um den Verlust für Luft-, Lager- und Bürstenreibung von dem Verlust für Hysteresis und Wirbelströme trennen zu können, ist in folgender Weise zu verfahren: Die Maschine muß bei mehreren verschiedenen Spannungen mit normaler Tourenzahl in eingelaufenem Zustande untersucht werden, und zwar soll man mit der Spannung so weit wie möglich nach unten gehen, jedoch auch Beobachtungswerte bei normaler Spannung und wenn möglich bei 25% höherer Spannung aufnehmen. Diese Beobachtungswerte sind graphisch aufzutragen, und es ist die erhaltene Kurve so zu verlängern, daß der bei der Spannung „Null" auftretende Verlust ermittelt werden kann. Dieser Wert gibt den Reibungsverlust an und ist von dem bei normaler Spannung beobachteten Leerlaufsverlust in Abzug zu bringen. Der Rest ist als Verlust für Hysteresis und Wirbelströme anzusehen, dessen Änderung mit der Belastung nicht berücksichtigt wird. Die übrigen Verluste sind entsprechend § 41 elektrisch zu ermitteln. Die Summe von Hysteresis- und Wirbelstromverlust, sowie die Verluste durch Stromwärme im Feld, Anker, Bürsten und deren Übergangswiderstand bei Belastung werden als „meßbarer Verlust" bezeichnet und wird als der Wirkungsgrad das Verhältnis der Leistung zur Summe von Leistung und „meßbarem Verlust" angesehen.

Die Ermittlung des Hysteresis- und Wirbelstromverlustes kann auch mittels Hilfsmotor vorgenommen werden.

Spannungsänderung.

§ 45.

Unter Spannungsänderung des Wechselstromgenerators ist die Änderung der Spannung zu verstehen, welche eintritt, wenn man bei normaler Klemmenspannung den höchsten auf dem Leistungsschild verzeichneten Ankerstrom abschaltet, ohne Tourenzahl und ohne Erregerstrom zu ändern.

§ 46.

Bei Maschinen, welche nur für induktionslose Belastung bestimmt sind, genügt die Angabe der Spannungsänderung für letztere. Bei Maschinen, welche für induktive Belastung bestimmt sind, ist außer der Spannungsänderung für induktionslose Belastung noch die Spannungsänderung anzugeben bei einer induktiven Belastung, deren Leistungsfaktor 0,8 ist. Die Angabe der Spannungsänderung für einen anderen Leistungsfaktor ist außerdem zulässig.

§ 47.

Sollen Gleichstrommaschinen auf Spannungsänderung geprüft werden, so gilt folgendes: Gleichstrommaschinen mit Nebenschlußerregung, mit gemischter Erregung und mit Fremderregung werden ohne Nachregulierung der Erregung von Vollbelastung bei normaler Spannung bis hinab auf Leerlauf bei gleichbleibender normaler Tourenzahl in wenigstens vier annähernd gleichen Abstufungen der Belastung geprüft. Der Unterschied zwischen der größten und der kleinsten beobachteten Spannung gilt als Spannungsänderung. Bezüglich Verstellung der Bürsten gilt das für den Betrieb Vereinbarte.

§ 48.

Bei Transformatoren ist sowohl der Ohmsche Spannungsverlust als auch die Kurzschlußspannung bei normaler Stromstärke anzugeben, beides auf den Sekundärkreis bezogen. Der Ohmsche Spannungsverlust gilt als Spannungsänderung bei induktionsloser Belastung, die Kurzschlußspannung als Spannungsänderung bei induktiver Belastung.

Es ist zulässig, den Versuch bei einer von der normalen nicht allzusehr abweichenden Stromstärke zu machen; die Spannungsänderungen müssen dann aber auf normale Stromstärke proportional umgerechnet werden.

Anhang.

Es empfiehlt sich, bei Neuanlagen und in Preislisten die folgenden Werte für Frequenz,

Tourenzahl und Spannung möglichst zu berücksichtigen.

Die Frequenz soll 25 oder 50 sein.

Die Tourenzahl bei Wechselstrom- und Drehstrommaschinen soll nach folgender Tabelle abgestuft werden.

Polzahl	Tourenzahl des Generators, Synchronmotors oder leerlaufenden Asynchronmotors bei Frequenzen von	
	25	50
2	1500	3000
4	750	1500
6	500	1000
8	375	750
10	300	600
12	250	500
16	188	375
20	150	300
24	125	250
28	107	214
32	94	188
36	83	166
40	75	150
48	—	125
56	—	107
64	—	94
72	—	83
80	—	75

Die Spannung soll folgenden Tabellen entsprechen:

a) Gleichstrom.

Motor	Generator
110 V	115 V
220 „	230 „
440 „	470 „
500 „	550 „

b) Wechselstrom bezw. Drehstrom.

Motor oder Primärklemmen des Transformators	Generator oder Sekundärklemmen des Transformators
110 V	115 V
220 „	230 „
500 „	525 „
1000 „	1050 „
2000 „	2100 „
3000 „	3150 „
5000 „	5250 „

Bei Gleichstromgeneratoren für veränderliche Spannung (mit Ausnahme von Zusatzmaschinen) soll folgendes gelten:

a) für Spannungserhöhung.

Wenn ein und derselbe Gleichstromgenerator bei konstanter Tourenzahl eine erhöhte Spannung geben soll, so kann dies durch Verstärkung der Erregung geschehen, sofern dabei die Leistung nicht erhöht wird. Im allgemeinen ist die so erzielte Erhöhung der Spannung nicht weiter als um 30% von der Normalspannung auszudehnen. Weitere Erhöhung der Spannung ist durch Steigerung der Tourenzahl zu bewirken.

b) für Spannungserniedrigung.

Wenn ein und derselbe Gleichstromgenerator bei konstanter Tourenzahl eine erniedrigte Spannung geben soll, so kann dies durch Schwächung der Erregung geschehen, sofern dabei die Leistung im gleichen Verhältnis wie die Spannung vermindert wird. Im allgemeinen ist die so erzielte Verminderung der Spannung nicht weiter als um 20% von der Normalspannung auszudehnen. Eine weitergehende Verminderung der Spannung ist durch Herabsetzung der Tourenzahl zu bewirken.

c) für Erhöhung und Erniedrigung der Spannung in ein und derselben Maschine.

Wenn ein und derselbe Gleichstromgenerator bei konstanter Tourenzahl eine geringere und zeitweise auch eine höhere Spannung als die normale Spannung abgeben soll, so kann dies durch Veränderung der Erregung geschehen, sofern bei der höheren Spannung die Leistung und bei der niederen Spannung die Stromstärke nicht erhöht wird und die Differenz zwischen höchster und niedrigster Spannung 45% der letzteren nicht überschreitet. Eine weitergehende Veränderung der Spannung ist durch Änderung der Tourenzahl zu erzielen.

Wird ein Gleichstromgenerator für veränderliche Spannung verlangt, so muß diese Bedingung in der Bestellung besonders zum Ausdruck kommen.

V.

Anleitung

zur

ersten Hilfeleistung bei Unfällen

in elektrischen Betrieben.

Herausgegeben vom

Verband Deutscher Elektrotechniker

eingetragener Verein.

(Mit ausdrücklicher Erlaubnis des Verbandes Deutscher Elektrotechniker abgedruckt.)

I. Verbrennungen.

1. Bei bloßer Rötung und Schmerz kühle man durch kaltes Wasser (Wasserleitung) oder Eis, lege einen Verband mit Watte an, die in Brandsalbe getaucht ist, und befestige darüber eine Binde.

2. Bei Blasenbildung sind die Blasen nicht abzureißen, sondern mit einer Nadel, die vorher ausgeglüht ist, aufzustechen, damit das Wasser herausfließt. Nach dem Auslaufen der Flüssigkeit ist eine vierfache Lage von Jodoformgaze und darüber Watte und eine Binde zu legen. (Vor dem Abschneiden der Gaze sind die Hände auf das sorgfältigste in Wasser und hierauf in Sublimatlösung 1 : 1000 zu waschen.)

3. Bei Verkohlungen und Schorfbildungen ist auf die betreffende Stelle eine vierfache Lage von Jodoformgaze und darauf Watte und Binde zu legen.

II. Bewußtlosigkeit.

1. Unter allen Umständen ist sofort nach einem Arzt zu schicken.

2. Alle den Körper des Verunglückten beengenden Kleidungsstücke (Hemdkragen, Beinkleider) sind zu öffnen.

3. Man lege den Verunglückten auf den Rücken und überzeuge sich vor allem davon, ob noch eine Spur von Atmung vorhanden ist. In diesem Falle bringe man den Kopf in etwas erhöhte Lage und mache Umschläge mit kaltem Wasser oder Eis auf die Stirn. Ferner empfiehlt es sich in diesem Falle, eine Einspritzung mit Kampferöl (eine Spritze voll) unter die Haut zu machen. Die Einspritzung ist nach zehn Minuten zu wiederholen, falls noch kein Arzt gekommen sein sollte.



Figur 1.
Einatmen.

4. Ist keine Atmung mehr nachweisbar, so lege man den Verunglückten auf den Rücken und bringe ein Polster aus zusammengelegten Kleidungsstücken, zB. einen zusammengerollten Mantel, unter die Schultern. Das Polster muß so groß sein, daß das Rückgrat gestützt wird, der Kopf dagegen frei nach hinten überhängt. Nun kniee man

hinter dem Kopf des Betäubten nieder, das Gesicht ihm zugewandt, ergreife beide Arme unterhalb der Ellenbogen und ziehe sie über



Figur 2.
Ausatmung.

seinen Kopf hinweg, sodaß man sie über seinem Kopf fast ganz zusammenbringt — Einatmung, Fig. 1. In dieser Lage sind die Arme zwei bis drei Sekunden lang festzuhalten. Dann bewege man sie abwärts, beuge sie und presse die Ellenbogen mit dem eigenen Körpergewicht fest gegen die Brustseiten des Betäubten — Ausatmung, Fig. 2. Nach zwei bis drei Sekunden strecke man die Arme wieder über dem Kopfe des Betäubten aus und wiederhole das Ausstrecken und Anpressen der Arme möglichst regelmäßig und ohne Übereilung etwa 15mal in der Minute.

Sind zwei Helfer zugegen, so fasse der zweite während dieser Versuche die Zunge des Betäubten mit einem Taschentuche, ziehe sie kräftig heraus, so oft die Arme über den Kopf gezogen werden, und lasse sie zurückgehen, wenn die Arme zur Brust geführt werden. Diese Maßregel befördert die Atmung sehr. Wenn der Mund nicht leicht



Figur 3.
Hilfe durch mehrere Personen.

aufgeht, öffne man ihn gewaltsam mit einem Stück Holz oder dergl.

Sind noch mehr Helfer zur Hand, so sind die oben aufgeführten Versuche von zweien auszuführen, indem jeder einen Arm ergreift, und beide gleichzeitig auf das Kommando 1, 2 — 3, 4 diese Bewegungen machen, Fig. 3.

Die beschriebene künstliche Atmung ist solange fortzusetzen, bis die regelmäßige natürliche Atmung wieder eingetreten ist. Wenn das nicht der Fall ist, muß die künstliche Atmung bis zur Ankunft des Arztes, mindestens aber zwei Stunden lang fortgesetzt werden, ehe man auf weitere Wiederbelebungsversuche verzichten darf.

5. Das Einflößen irgend welcher Flüssigkeiten durch den Mund ist zu unterlassen.

Urteile der Fachpresse.

Schweizerische Blätter für Elektrotechnik.

Dieses Werk erfüllt seine Aufgabe, den Studierenden und nicht elektrotechnisch gebildeten Ingenieur mit der elektrischen Maßkunde vertraut zu machen, voll und ganz, da der an und für sich schwierige Stoff mit besonderer Leichtigkeit mühelos verständlich gemacht wird. Besonders das Kapitel „Magnetismus" ist in klarer knapper Form, die langatmiger Ableitungen entbehrt, behandelt. Die einzelnen Apparate sind nicht ausführlich beschrieben, hingegen ihre Anwendungsweise klar dargelegt, ihr Prinzip in einfacher Weise erläutert. Die Photometrie, ein Kapitel, das noch immer viel zu stiefmütterlich behandelt wird, wurde vom Verfasser in übersichtlicher Weise erläutert. Übersichtlich gehaltene Tabellen beschließen dieses in Ausstattung würdig gehaltene Buch.

Häders Zeitschrift für Maschinenbetrieb und Montage.

Dieses Buch soll allen denen ein verläßlicher Ratgeber sein, die öfters in ihrer praktischen Tätigkeit elektrische Messungen auszuführen haben, also auch denjenigen Technikern und Ingenieuren, welche keine Elektrotechniker sind. Der Stoff des Buches ist dementsprechend verständlich und übersichtlich behandelt und sind alle langen mathematischen Abhandlungen möglichst vermieden, und können wir das Buch deshalb jedem Interessenten empfehlen.

Zeitschrift für Elektrotechnik.

Es ist als großer Vorteil für die Erzielung eines gründlichen Verständnisses zu bezeichnen, daß dem eigentlichen Thema dieses Buches einige einleitende Kapitel vorangestellt sind. Dieselben verschaffen dem Studierenden durch die Besprechung der mechanischen und elektrotechnischen Grundbegriffe die notwendige gesunde Grundlage für das Studium des eigentlichen Stoffes. Der letztere selbst ist sehr reichhaltig, obwohl nur jene Meßmethoden zur Besprechung gelangten, welche praktischen Wert besitzen und in den elektrotechnischen Laboratorien im Gebrauche stehen. Das Buch wird deshalb auch jenen ein wertvoller Bedarf sein, die im Versuchsraum elektrotechnischer Fabriken beschäftigt sind.

Elektrotechnisches Echo.

Die Behandlung des Stoffes ist dementsprechend eine solche, daß sie auch jenen, die am Anfange ihrer elektrotechnischen Studien stehen, ohne große Mühe verständlich ist. Da die verschiedenen Schaltungsweisen klar dargestellt und die Berechnungen der gesuchten Größen aus den gemessenen Werten übersichtlich behandelt werden, so können wir die Beschaffung des Werkes Interessenten bestens empfehlen.

Glückauf.

Wir wünschen dem Buche, das in einem Anhange Andeutungen über Photometrie gibt und mit einigen Tabellen sowie einem Inhaltsverzeichnisse abschließt, den gebührenden Erfolg.

Urteile der Fachpresse über vorbenanntes Werk.

Elektrotechnischer Anzeiger Nr. 25. 1903. . . . Das vorliegende Buch ist ein den praktischen Bedürfnissen der Gegenwart entsprechend abgefaßtes Handbuch für den Starkstrom-Elektriker. Es enthält als ersten Teil ein elementargehaltenes technisches Hilfsbuch nebst Formeln und Tabellen, als zweiten Teil reichhaltige Unterlagen, Markt- und Zahlenwerte (Preise usw.) zur Kalkulation elektrischer Anlagen und endlich als dritten Teil eine reichhaltige Sammlung von Schaltungsskizzen von Maschinen, Lampen, Batterien, Schaltern usw.

Da es außerdem handliches Format besitzt und auch die Vorschriften des Verbandes deutscher Elektrotechniker und ähnliche allgemein gültige Bestimmungen enthält, dürfte es sich bald weiterer Verbreitung in Interessentenkreisen zu erfreuen haben.

Der Elektrotechniker Heft II. 1902. Erstes österreichisch-ungarisches Fachjournal. . . . Die vorgenommene Dreiteilung des Inhalts in ein technisches Hilfsbuch, in ein Kalkulationsbuch und in einen für Schaltungsschemata ist gut gewählt und kennzeichnet die praktische Richtung des elegant ausgestatteten Hilfsbuches, welches in erster Linie für Installateure bestimmt ist.

Der Verfasser ist nach dem ganzen Aufbau des Stoffes gewiß ein Mann der Praxis mit reichen Erfahrungen, der genau weiß, wo er mit seinem Handbuch helfend eingreifen kann.

Schweizerische Blätter für Elektrotechnik Nr. 21. 1902. . . . Dieses Handbuch hat die Aufgabe, die Installation, Akquisition und Kalkulation elektr. Anlagen zu erleichtern. Es zeichnet sich durch ein umfangreiches und übersichtlich gehaltenes Tabellenmaterial aus, das gute Dienste leisten wird.

Das Buch ist bestens zu empfehlen.

Der Mechaniker Nr. 21. 1902. . . . Wie der Titel sagt, ist das Buch für Starkstrom-Installateure bestimmt, es ist aus der Praxis hervorgegangen und für die Praxis geschrieben. Der erste Abschnitt enthält die für die Installation erforderlichen Formeln, Tabellen, Gesetze usw.

Die Anordnung der behandelten Materie scheint uns recht praktisch und übersichtlich gewählt zu sein.

Technisch-Industrielle Rundschau Nr. 24. 1902. Offizielles Organ des Verbandes Bayrischer Gewerbevereine. . . . Ein wirklich ebenso praktisches wie gediegenes und vielseitiges Handbuch, das durch seine wertvollen Winke und Ratschläge zu einem ständigen Begleiter für jeden werden sollte, der mit der Projektierung und Kalkulation elektr. Starkstrom-Anlagen zu tun hat. Zahlreiche Illustrationstafeln dienen ergänzend zu dem Texte, der neben vielen zweckmäßigen Tabellen, den Preisen der gebräuchlichsten Materialien auch die verschiedensten Schaltungsarten behandelt.

Die Elektrizität Heft II. 1903. Organ des Verbandes der elektrotechnischen Installationsfirmen in Deutschland. . . . Das vorliegende Handbuch entspricht in seiner Anordnung und in allen seinen Teilen den Anforderungen der Praxis.

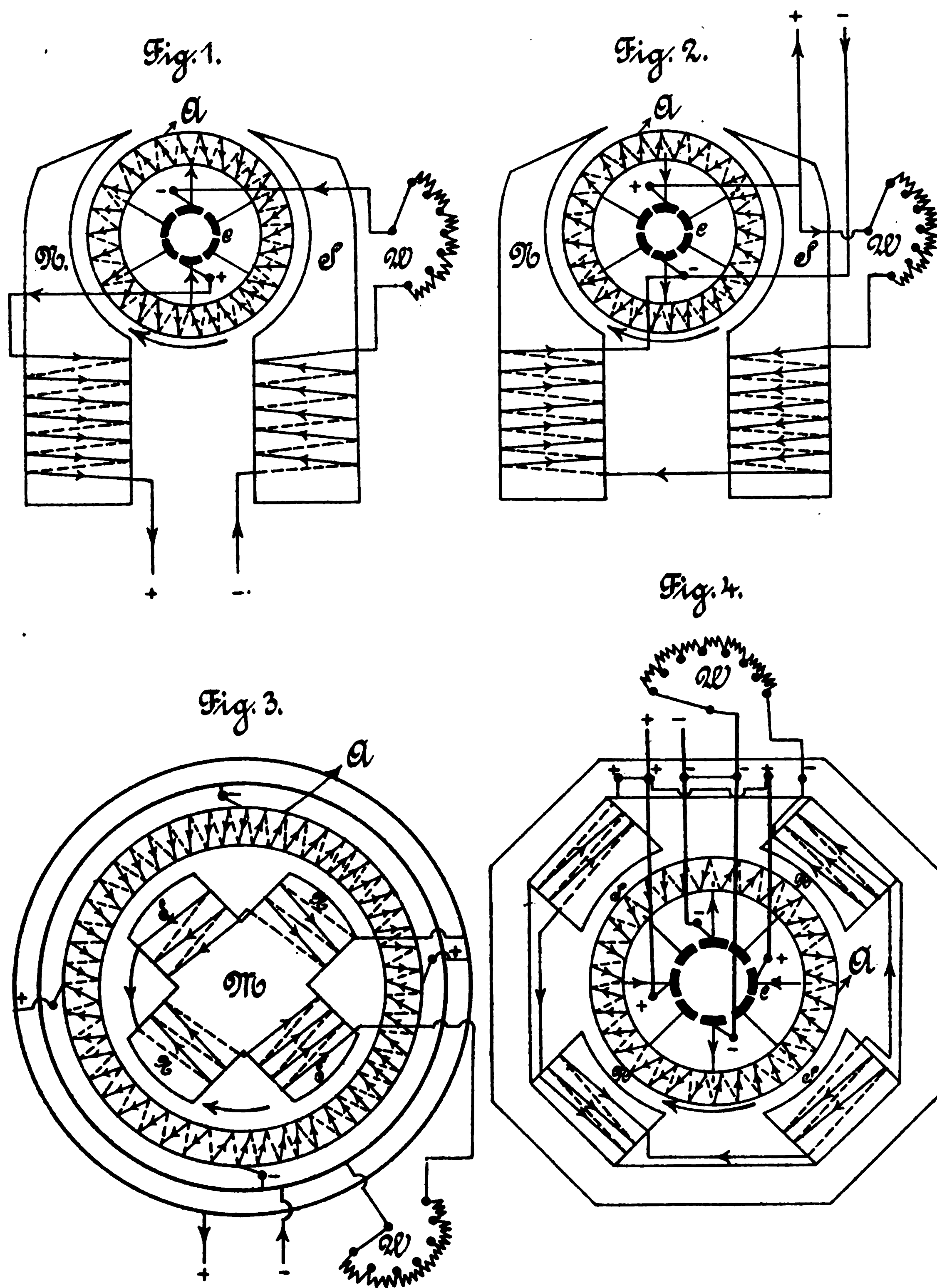
Der Verfasser bietet uns nicht nur ein möglich vielseitiges, sondern auch handliches Buch, das bei der Installation, Kalkulation und Akquisition elektrischer Anlagen vortreffliche Dienste leisten wird.

Zeitschrift für Elektrotechnik Heft 5. 1903. Organ des Elektrotechnischen Vereins in Wien. . . . Der Verfasser verfolgt den Zweck, dem Elektrotechniker bei der Installation, Akquisition und Kalkulation durch Zusammenstelllung von in Tabellen vereinigten, technischen Daten, von Berechnungsformeln und Schaltungsplänen ein für die Praxis taugliches Handbuch zu bieten.

Die Anordnung des großen benutzten Materials ist eine sorgfältige und die Erklärungen theoretischer Natur sind bei der durch den Zweck des Buches bedingten Kürze ausreichend und klar.

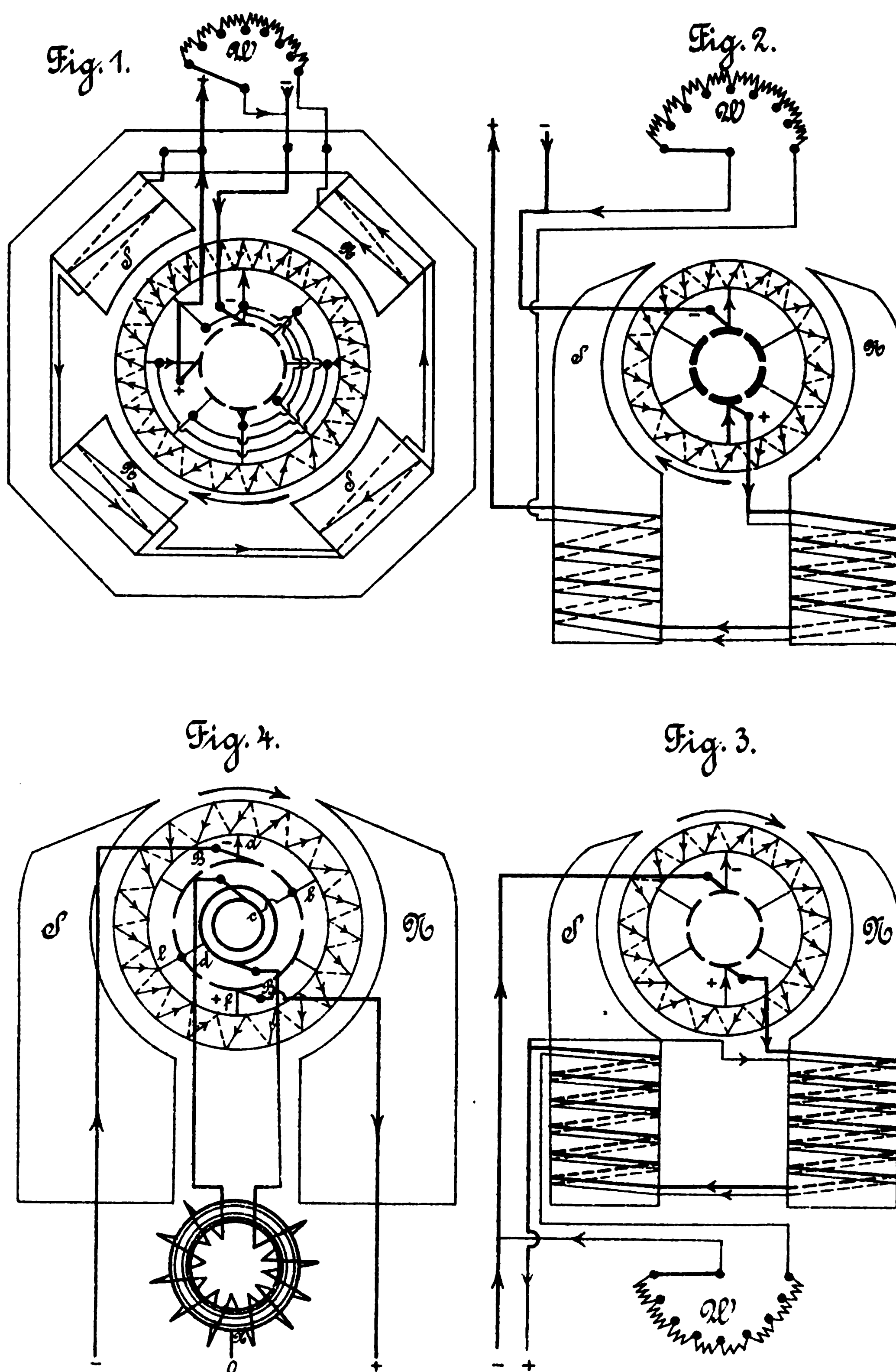
Im großen ganzen wird das Buch dem Zwecke, dem es der Verfasser gewidmet hat, dienlich sein.

Die Elektrizität. . . . Das vorliegende Handbuch entspricht in seiner Anordnung und in allen seinen Teilen den Anforderungen der Praxis. Der Verfasser bietet uns nicht nur ein möglichst vielseitiges, sondern auch handliches Buch, das bei der Installation, Kalkulation und Akquisition elektrischer Anlagen vortreffliche Dienste leisten wird. Der Stoff ist in drei Abschnitte eingeteilt, von denen der erste als technisches Hilfsbuch die für die Installation erforderlichen Formeln, Tabellen, Gesetze usw. behandelt; der zweite als Kalkulationsbuch die Preise der gebräuchlichsten Materialien für Starkstrom-Installationen enthält und der dritte Teil die verschiedensten Schaltungsarten von Dynamos, Motoren, Bogenlampen, Schaltern, Akkumulatoren usw. behandelt. Außerdem enthält das Werk in einem Anhang die genauen Vorschriften des „Verbandes Deutscher Elektrotechniker“ in geordneter Folge und ist im 2 Abschnitt des Buches bei jedem einzelnen Material auf die dabei in Frage kommenden Vorschriften hingewiesen. Um auch die Akquisition neben der Kalkulation wesentlich zu erleichtern, ist bei jedem Material der gebräuchliche Durchschnittspreis angegeben und den Akquisiteuren und selbständigen Installateuren in einer offenen Spalte ferner ermöglicht, die von ihnen gewählten Preise selbst einzusetzen, um sofort gleich an Ort und Stelle der projektierten Anlage in der Lage zu sein, neben dem Materialaufwand auch den Kostenaufwand schon mit möglichster Genauigkeit festzustellen. —ck.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

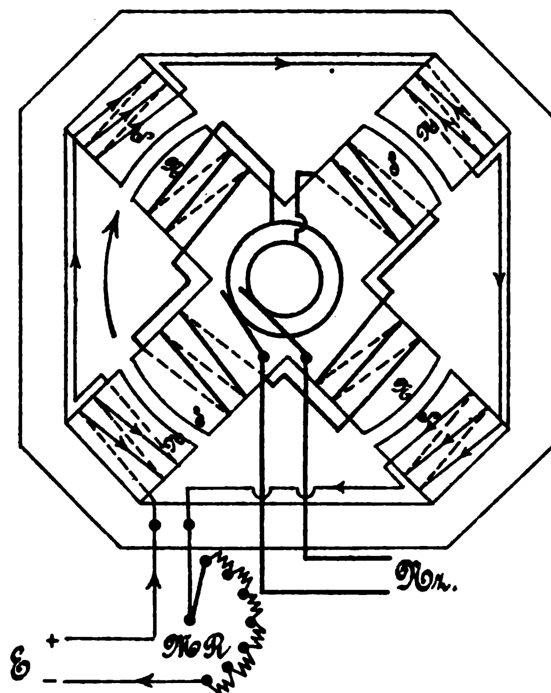


Fig. 2.

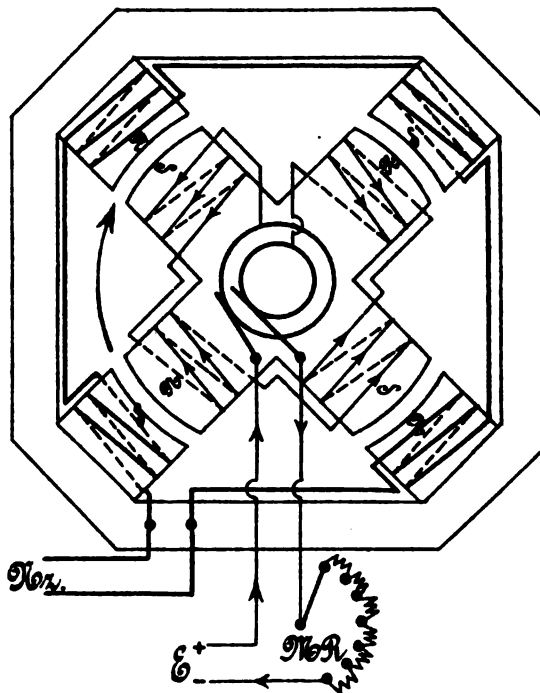
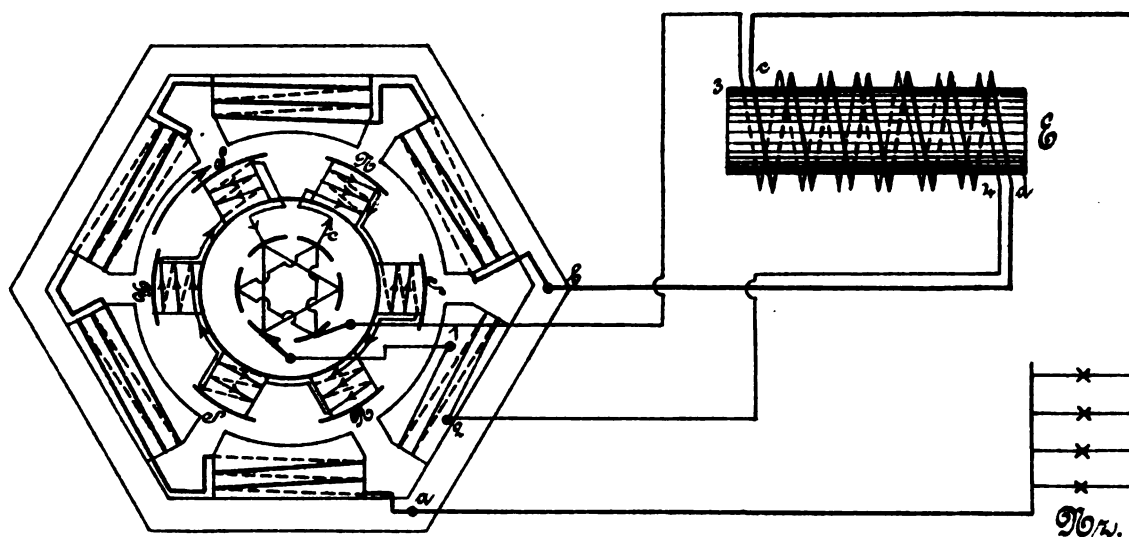


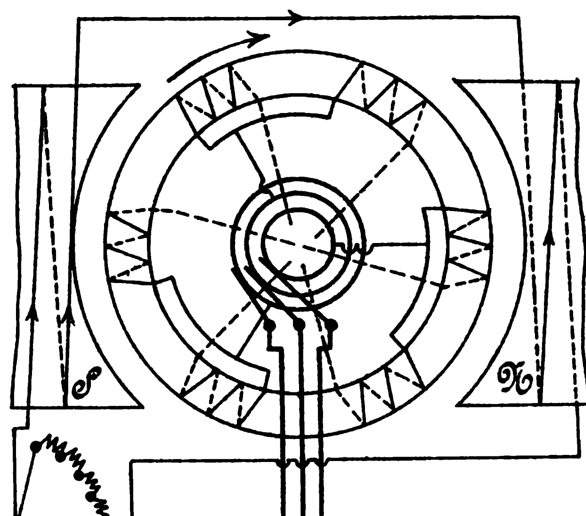
Fig. 3.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.



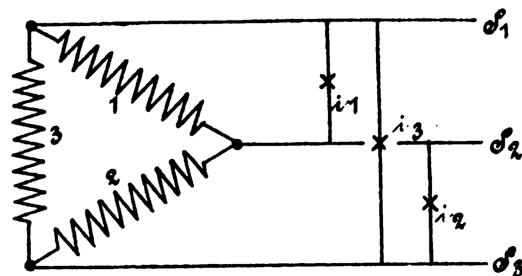
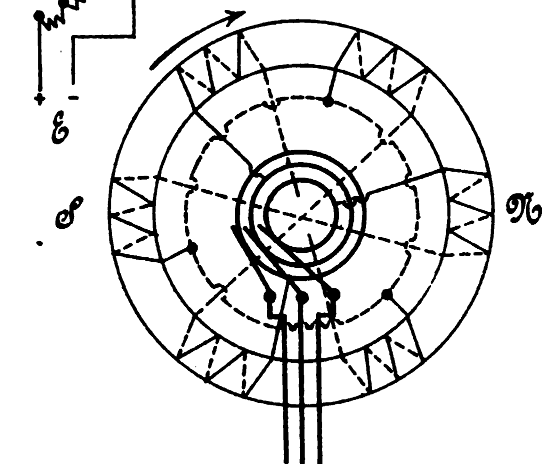


Fig. 2.



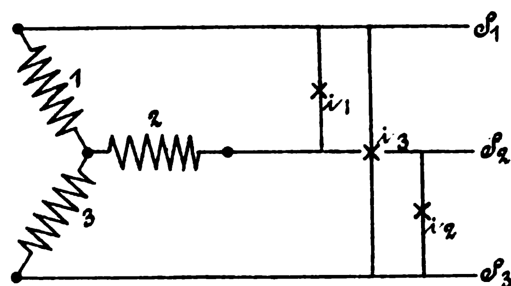
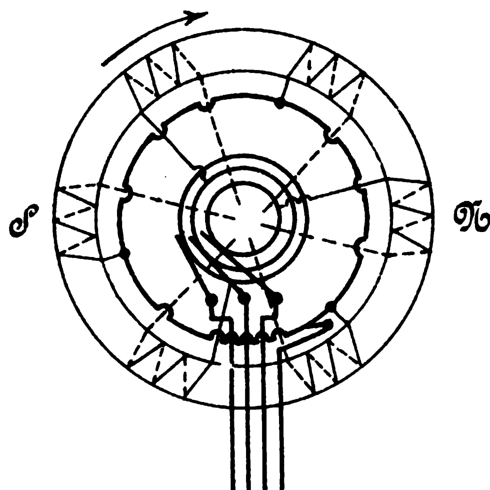
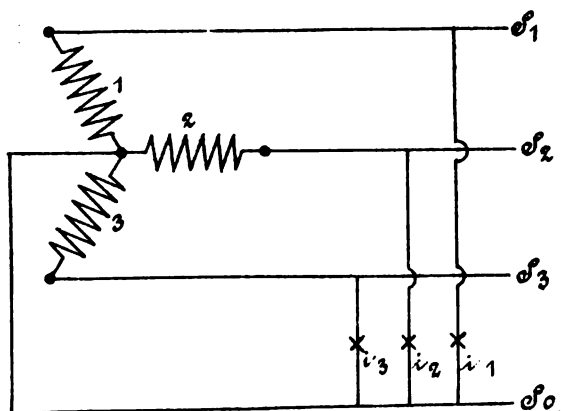


Fig. 3.





Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

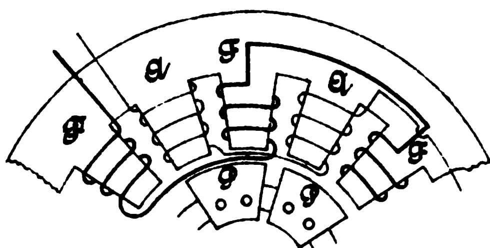


Fig. 2.

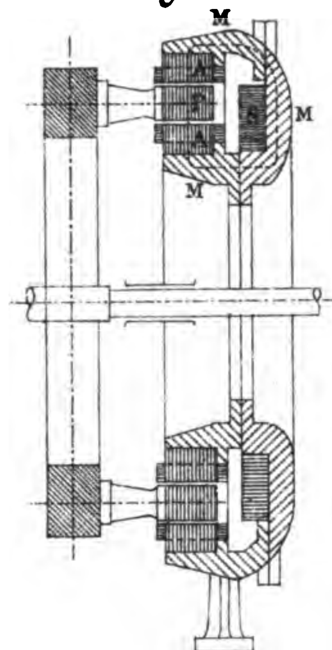


Fig. 3.

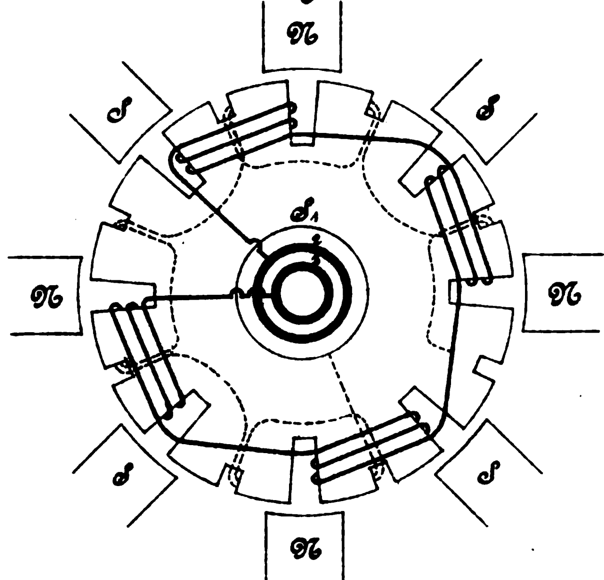


Fig. 4.

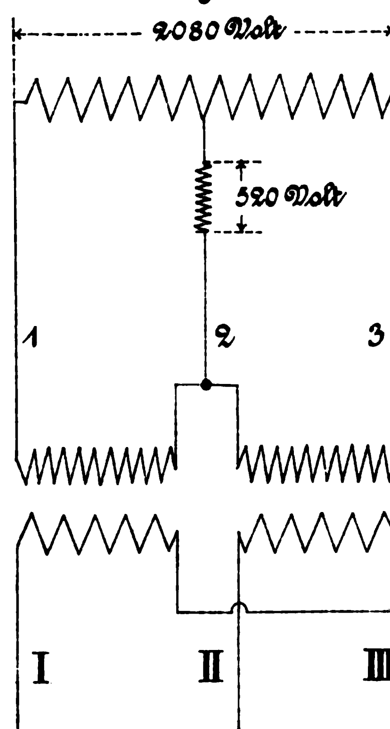
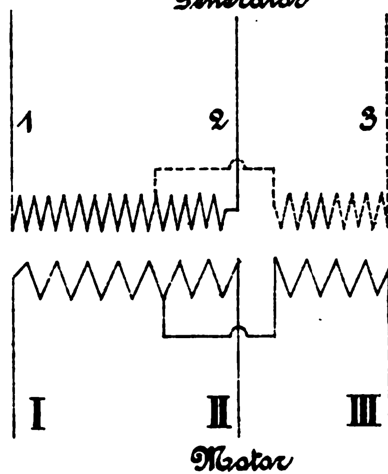


Fig. 5.

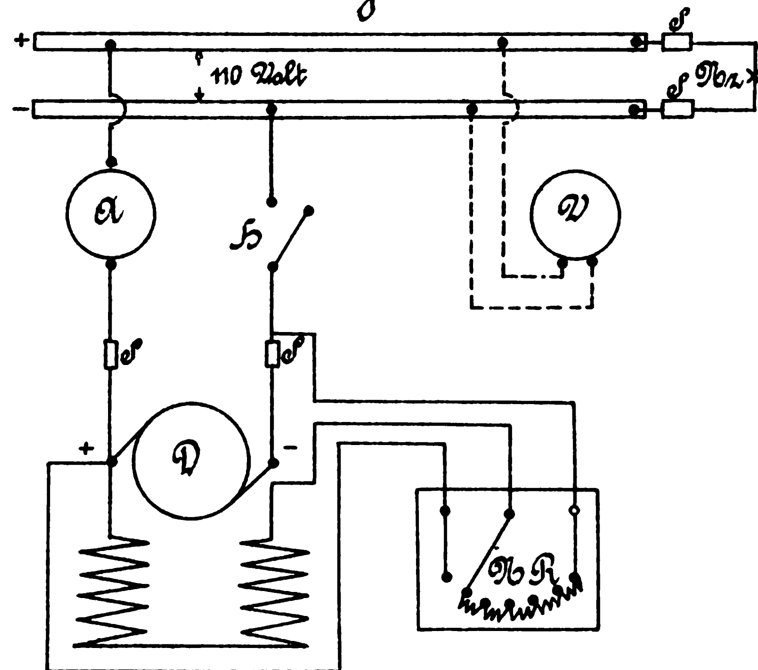
Generator

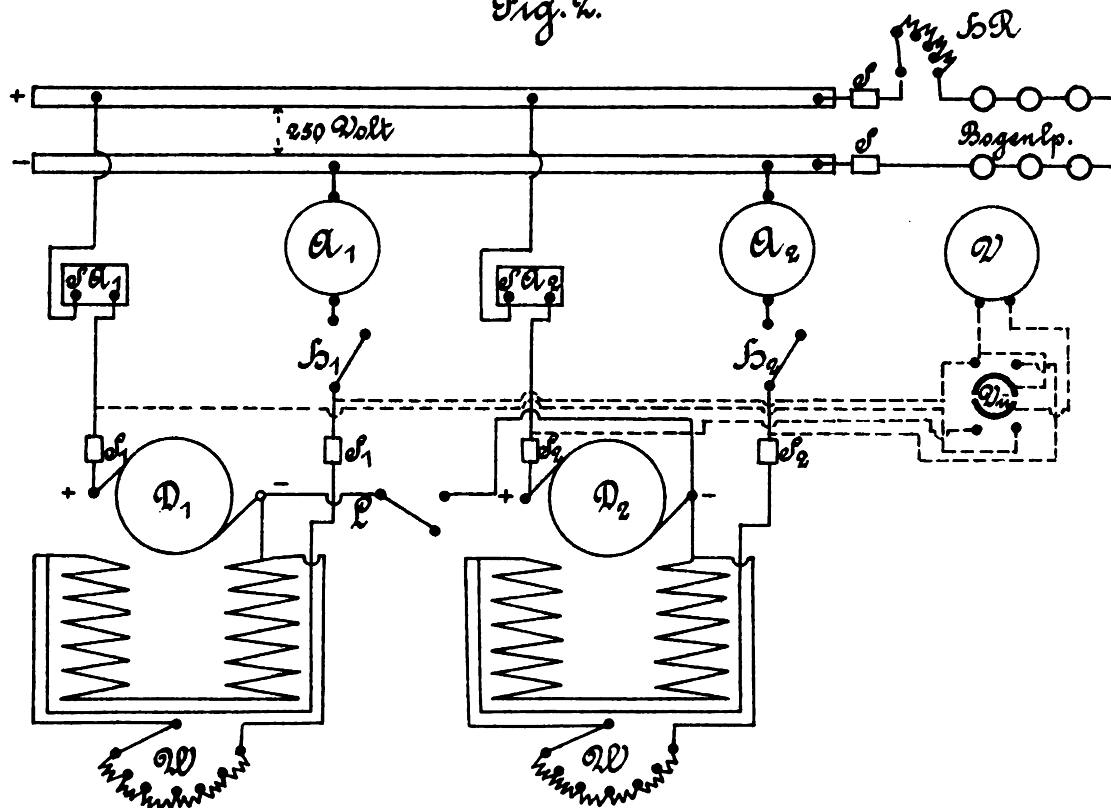


Motor

Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.





Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

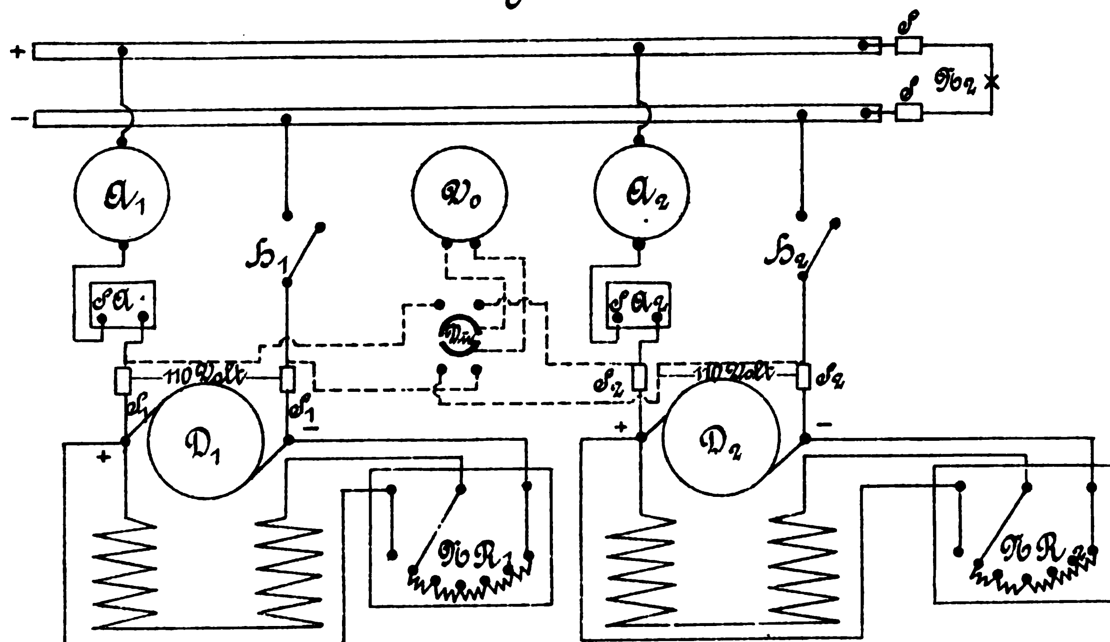
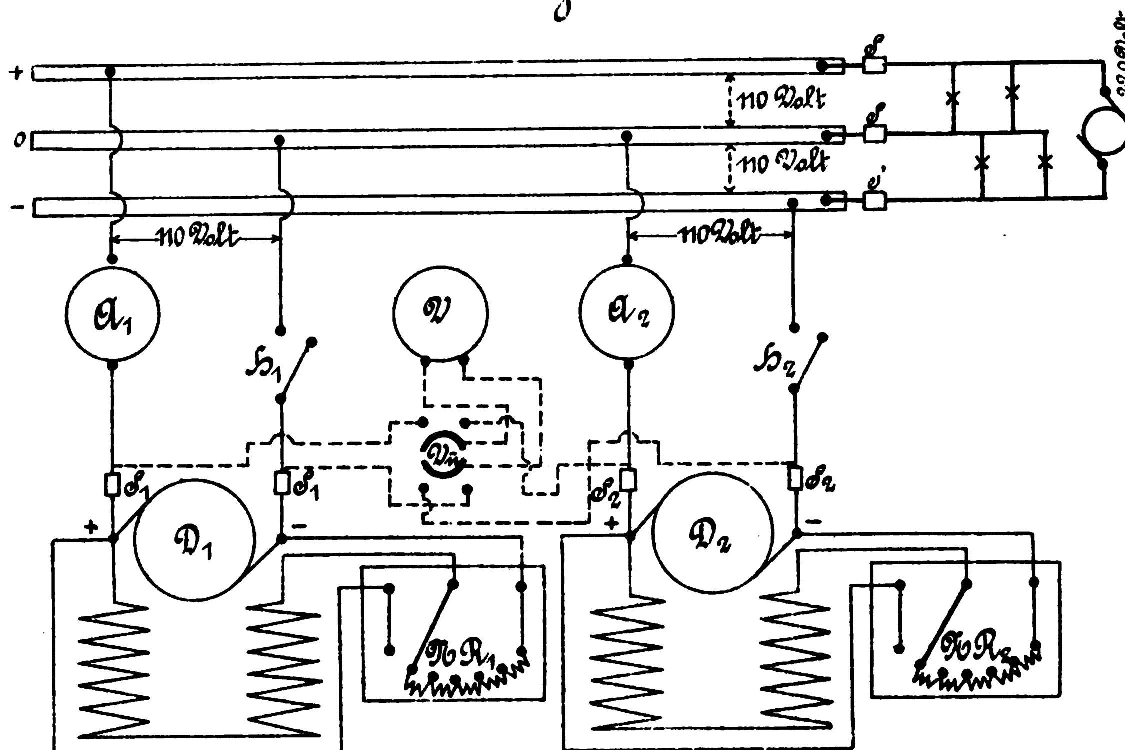


Fig. 2.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

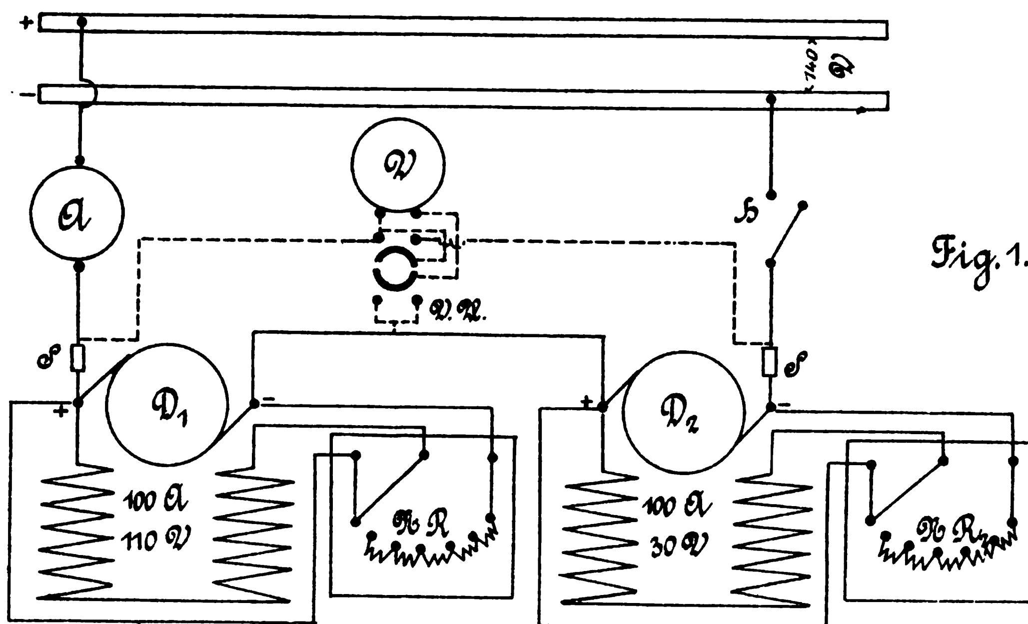
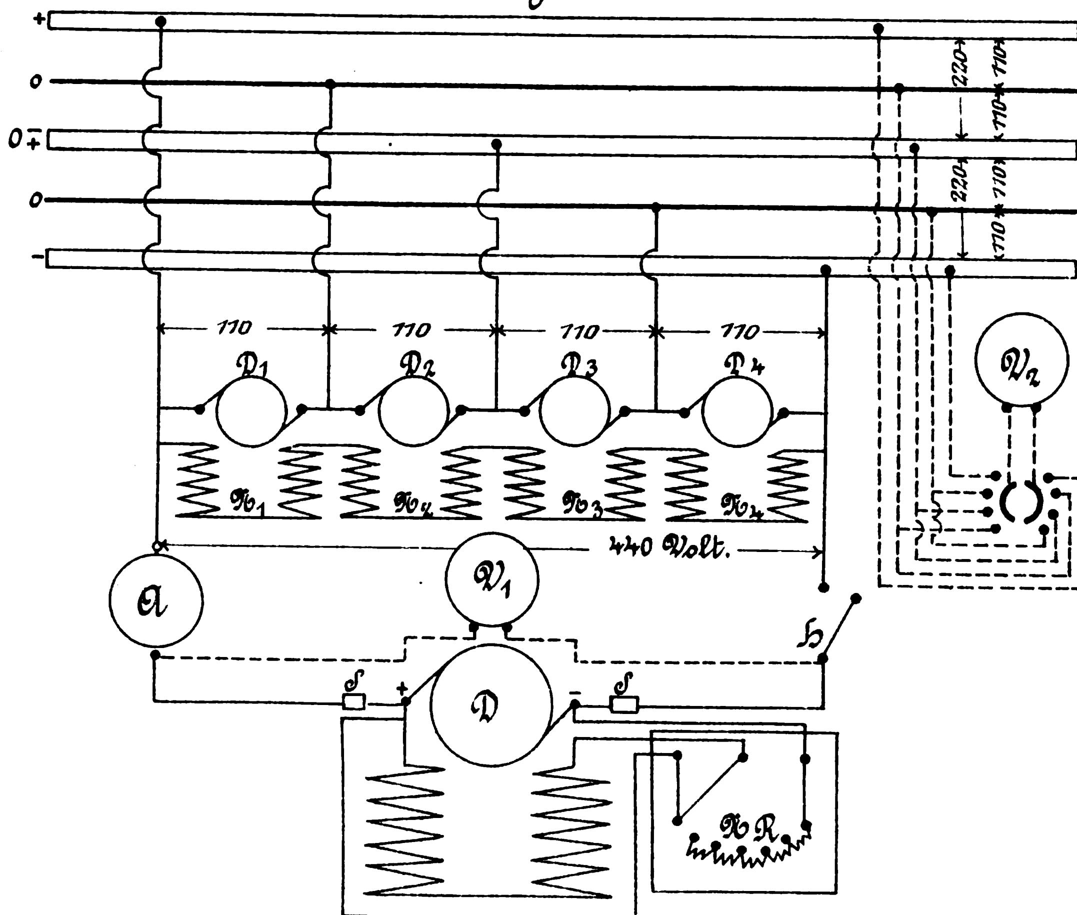
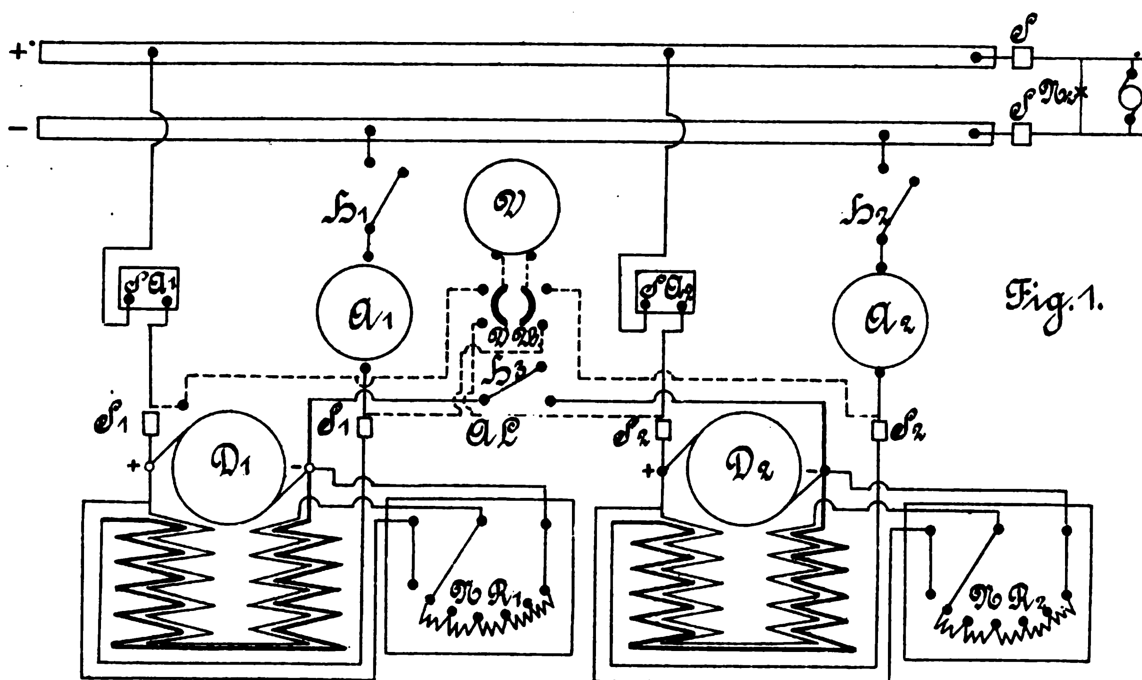


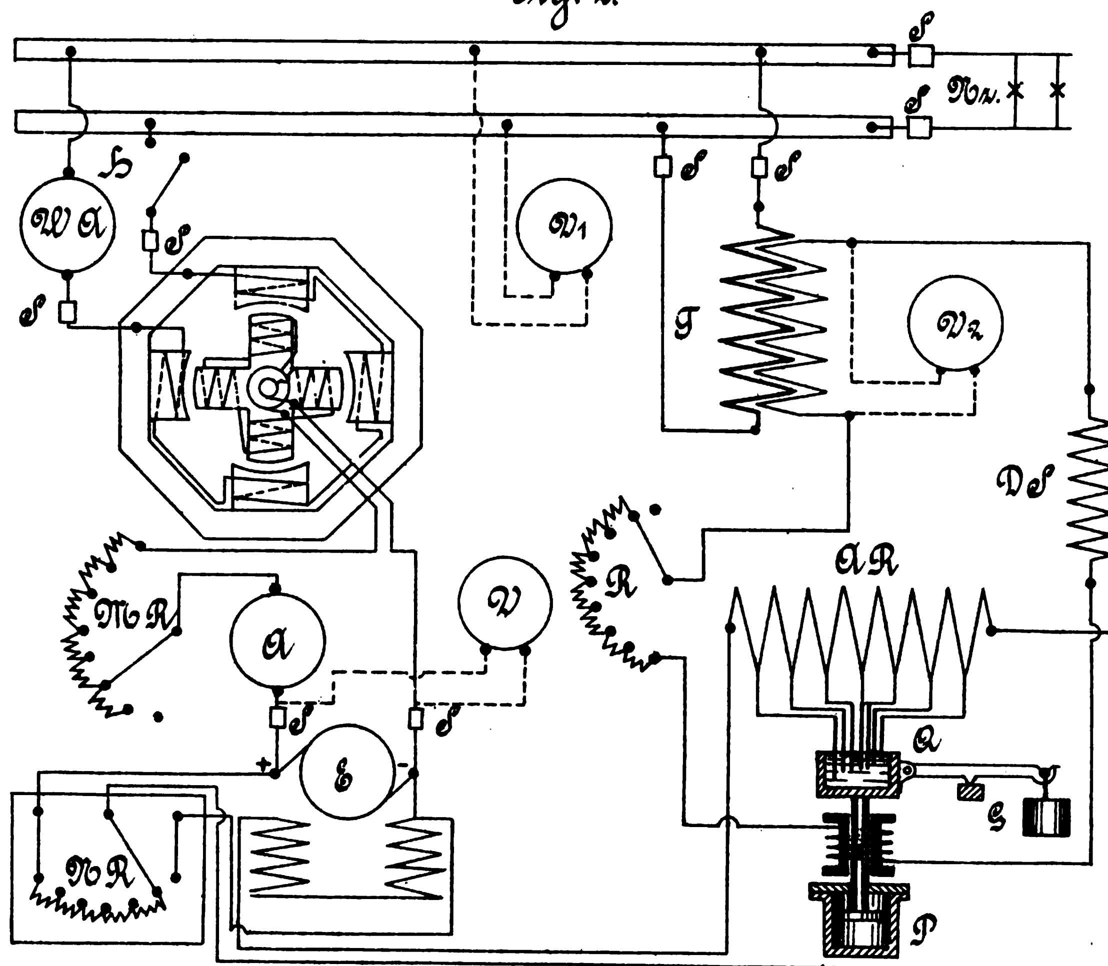
Fig. 2.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

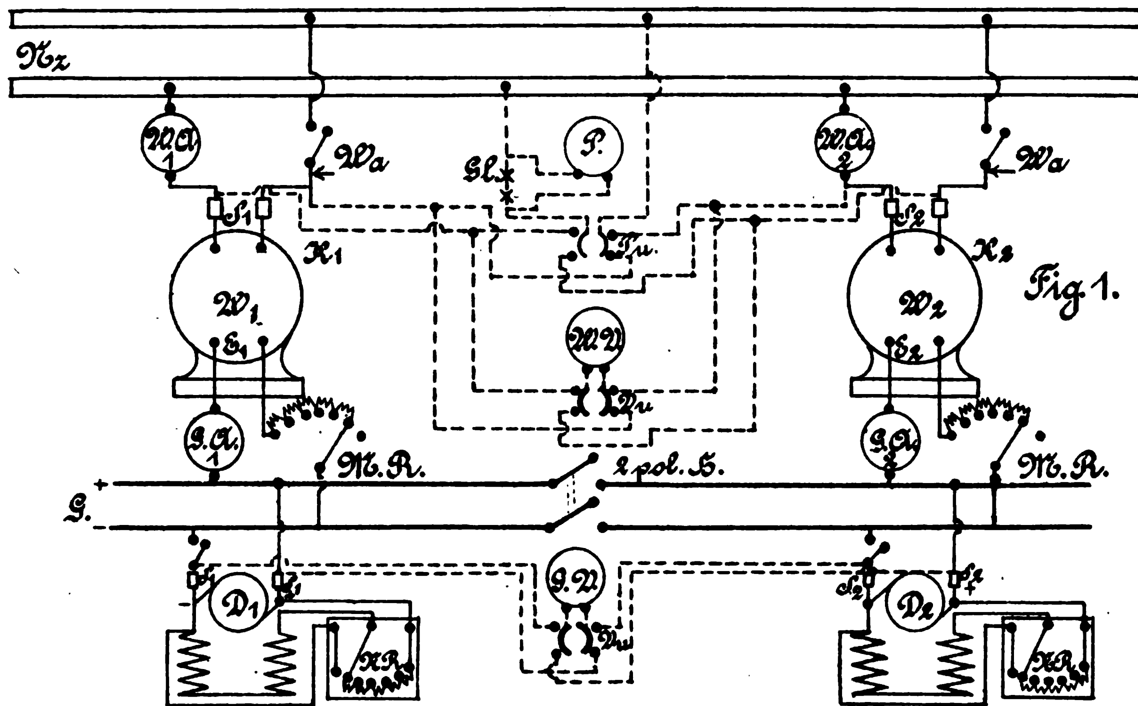
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

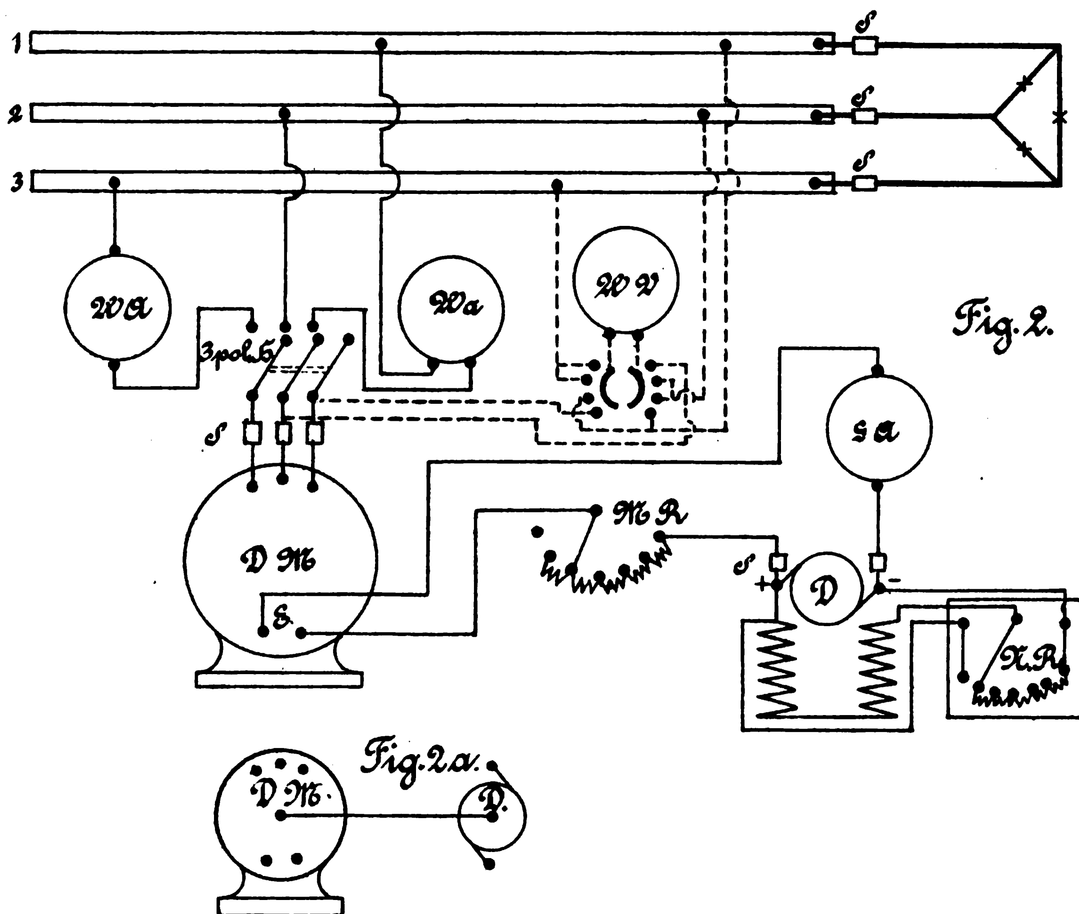

Fig. 1.


Fig. 2.

Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.





Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

Anordnung der Spannungsmesser für die Erregermaschinen wie Tafel 10 Figur 1.

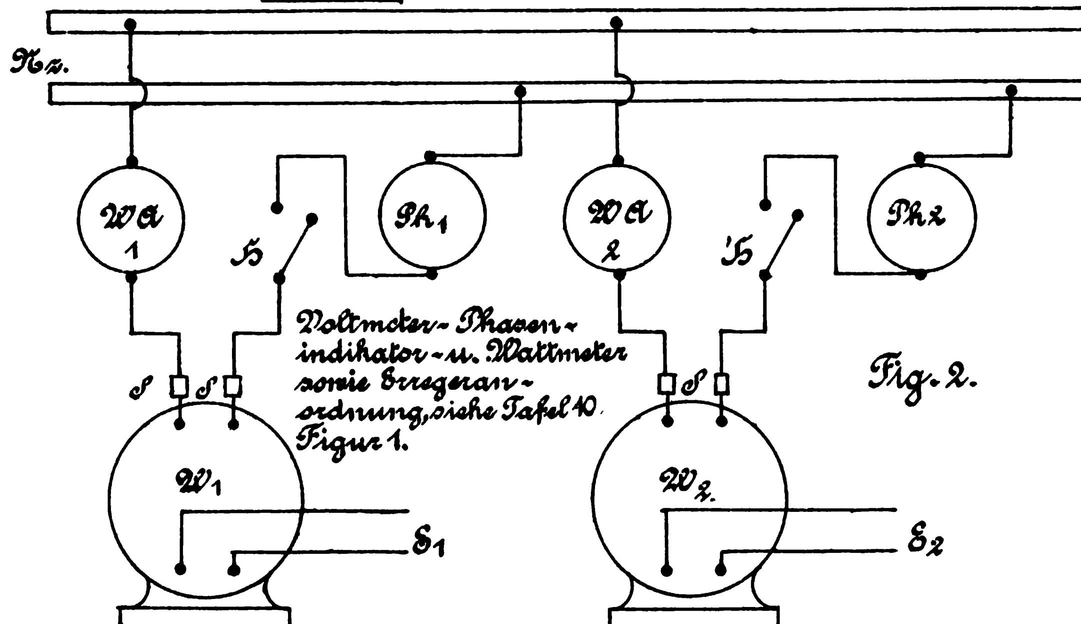
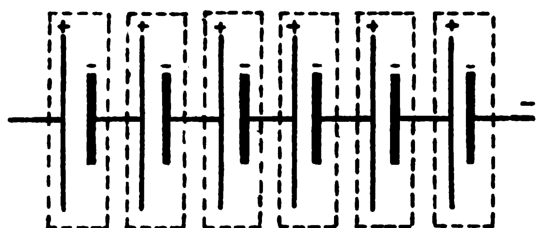
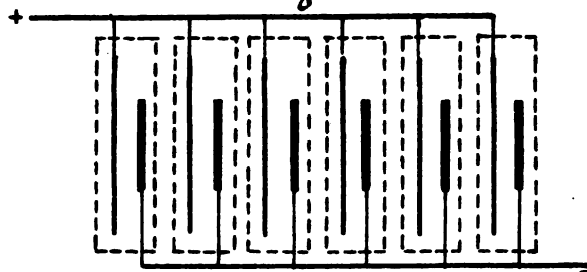


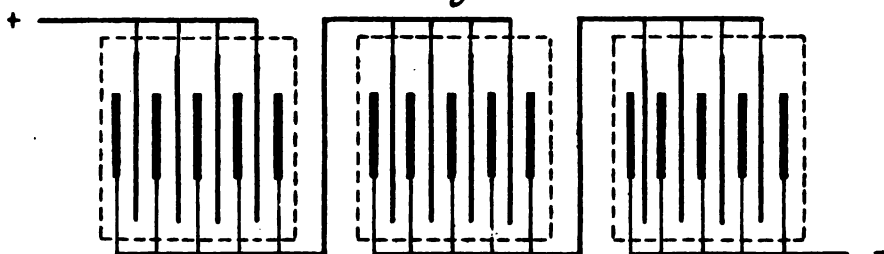
Fig. 2.

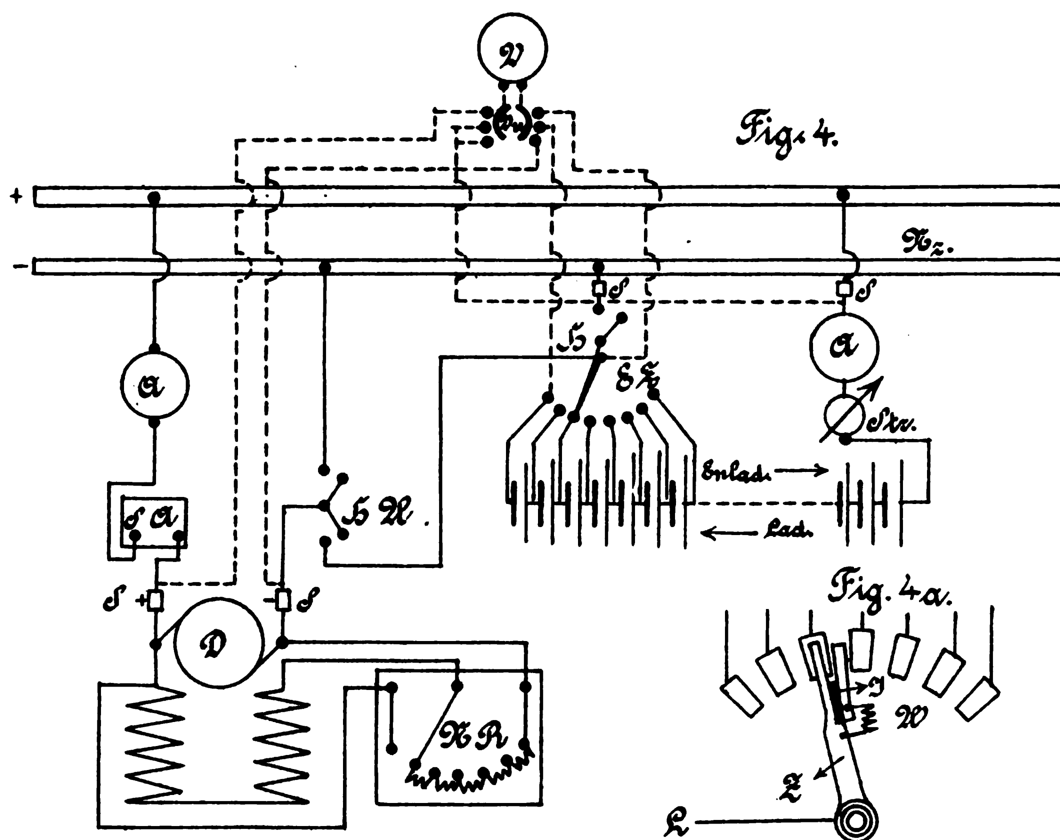
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



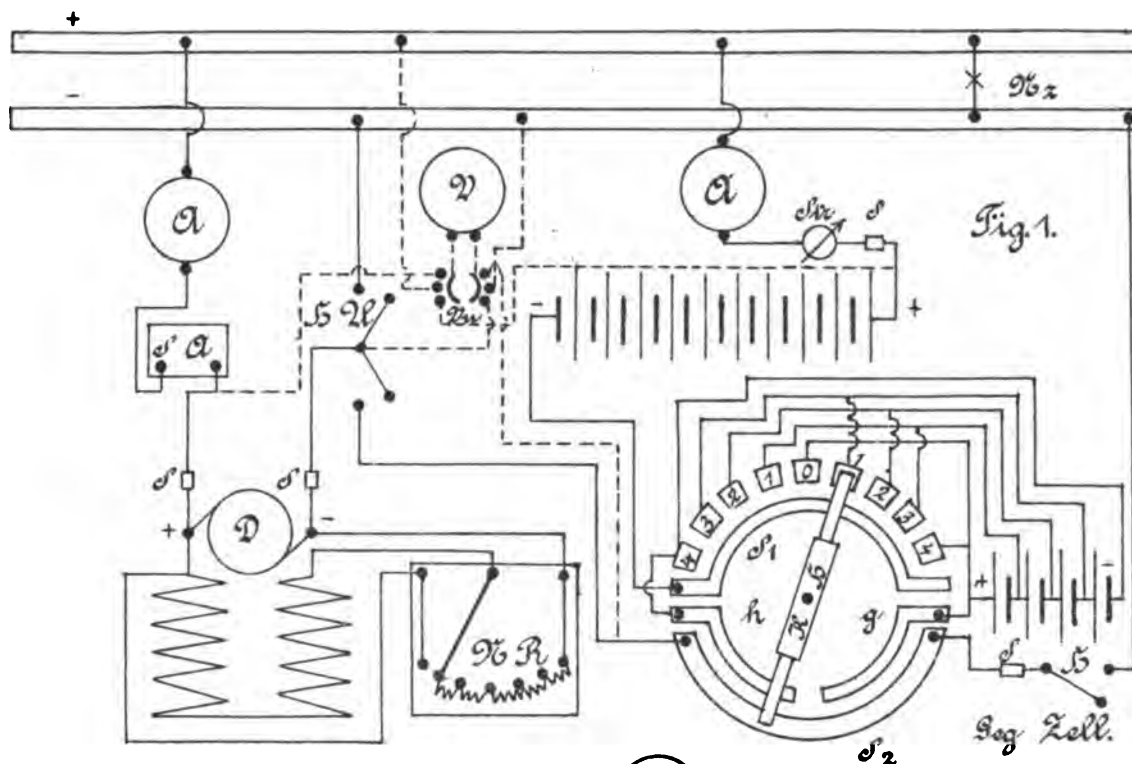


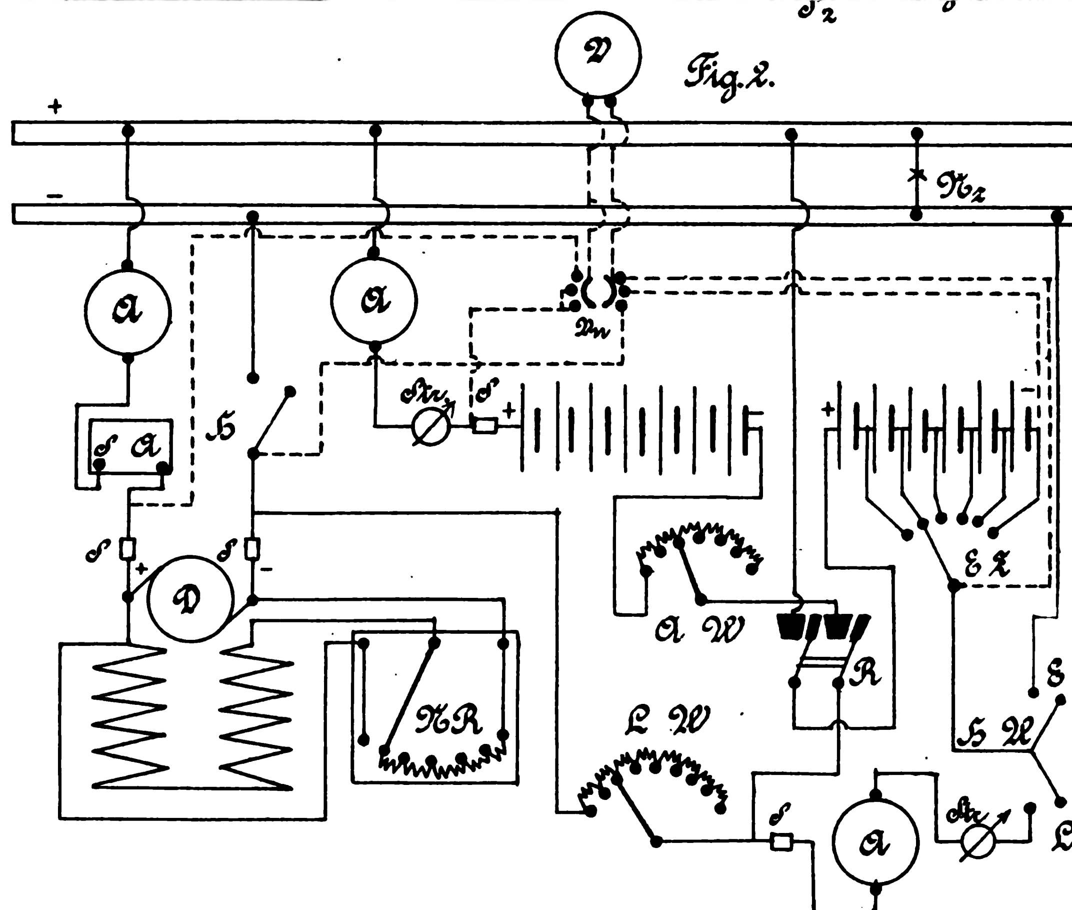




Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

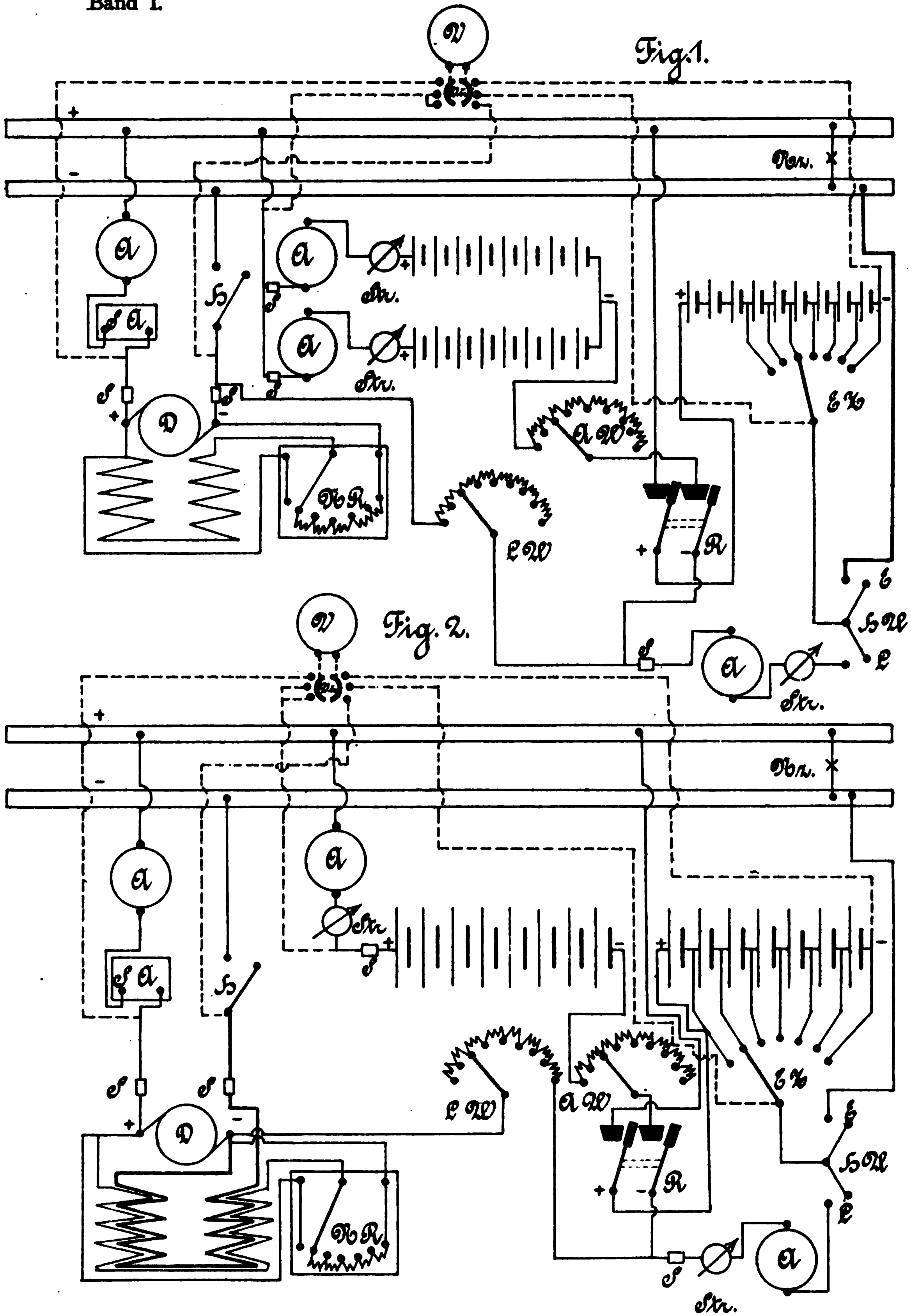
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.





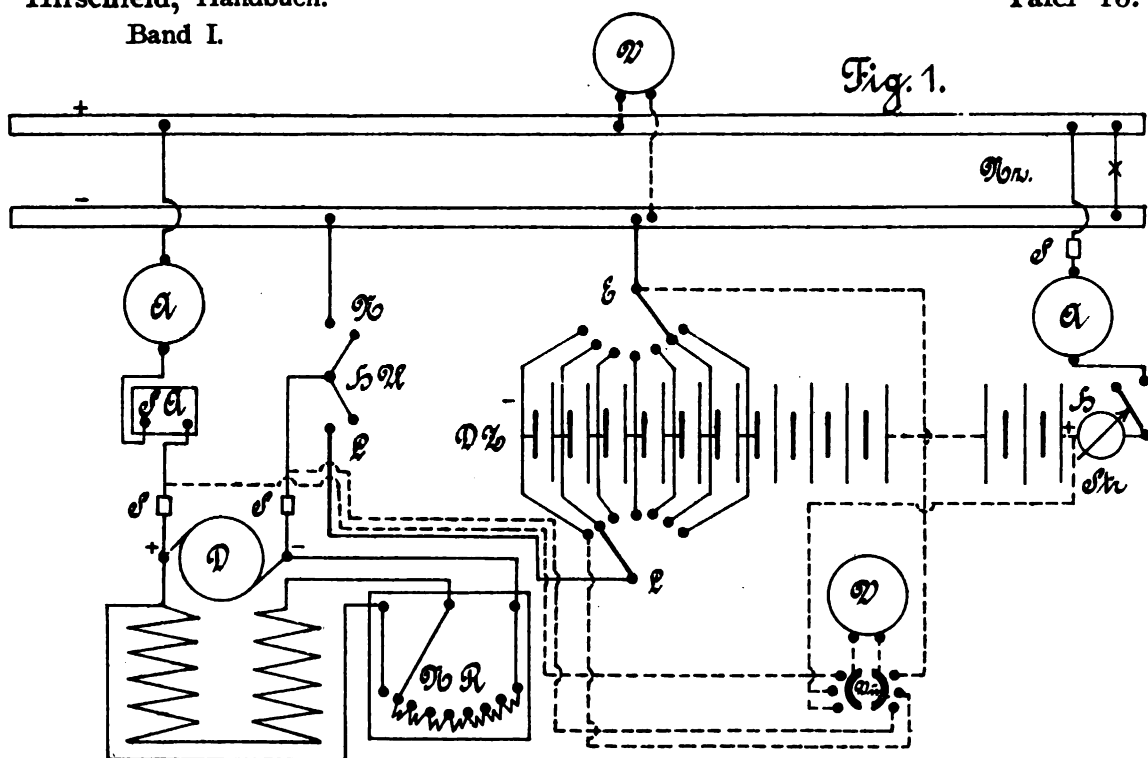
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

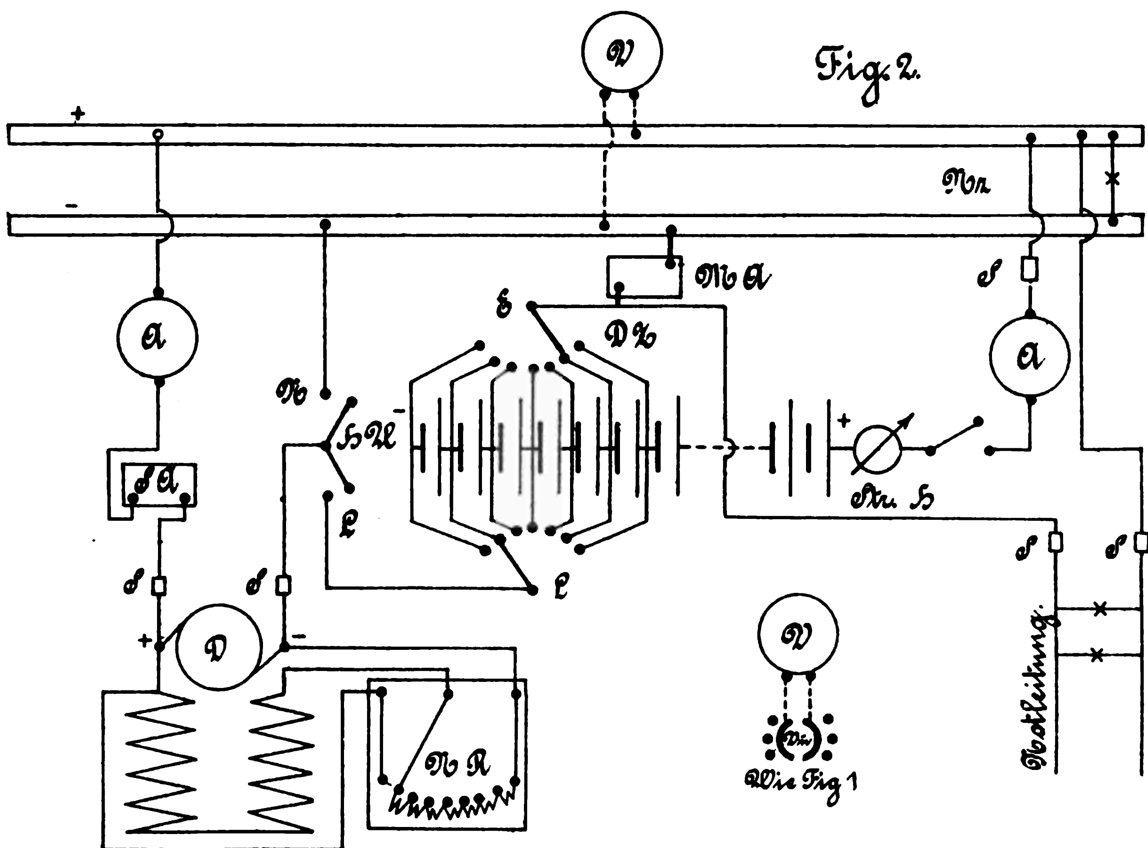
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

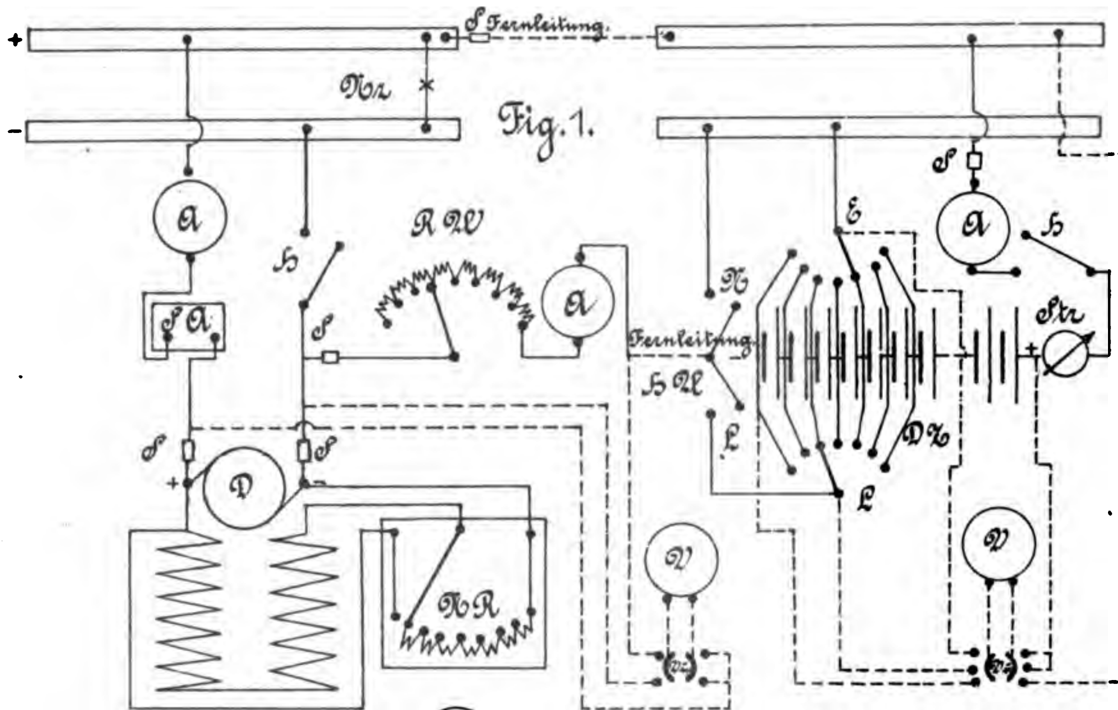
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

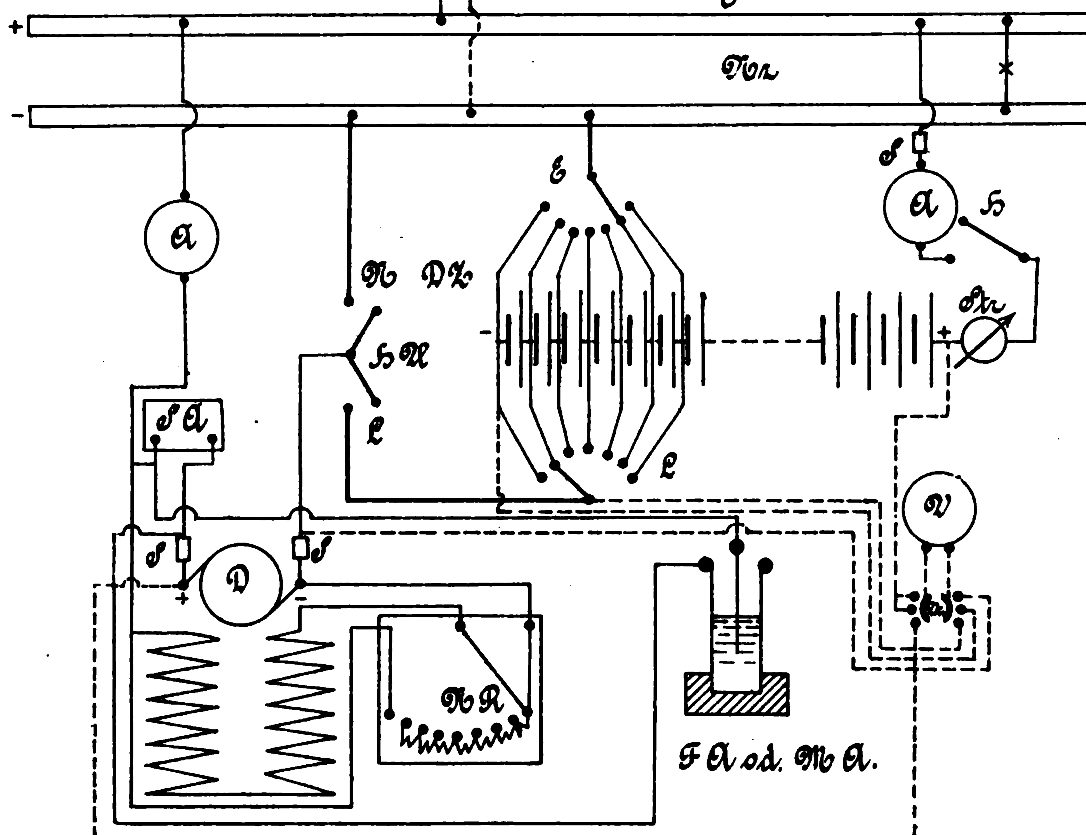




Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.





Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

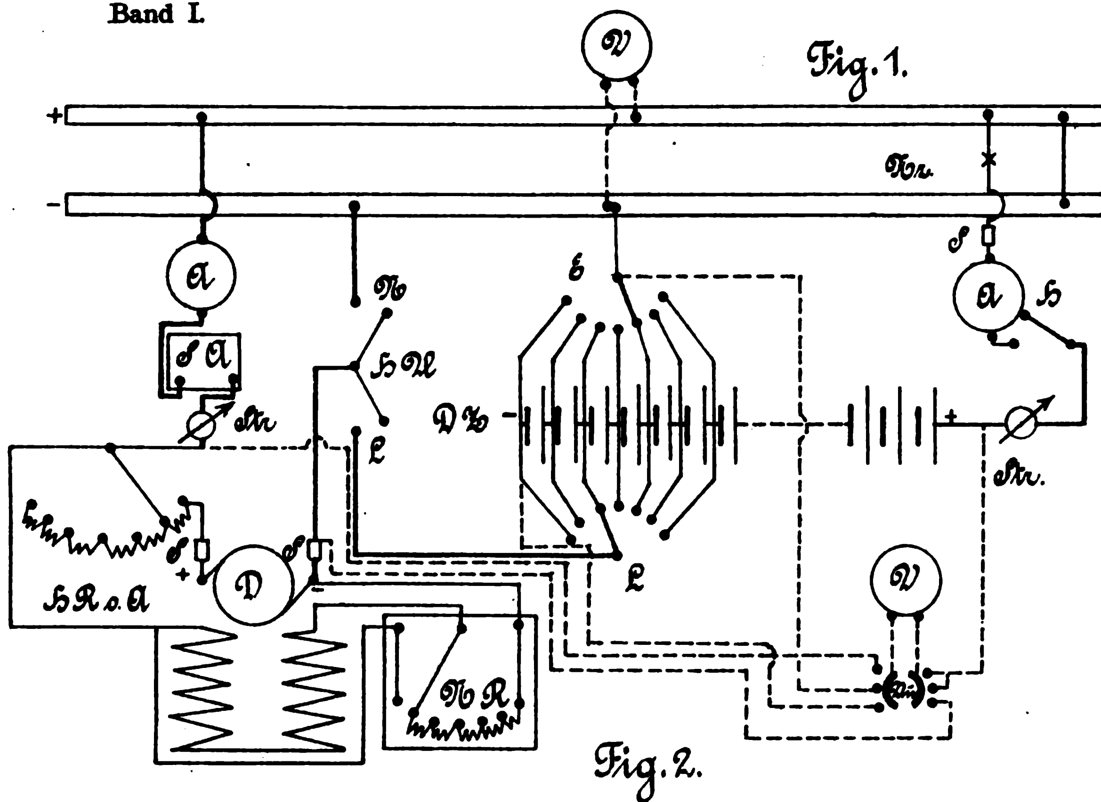
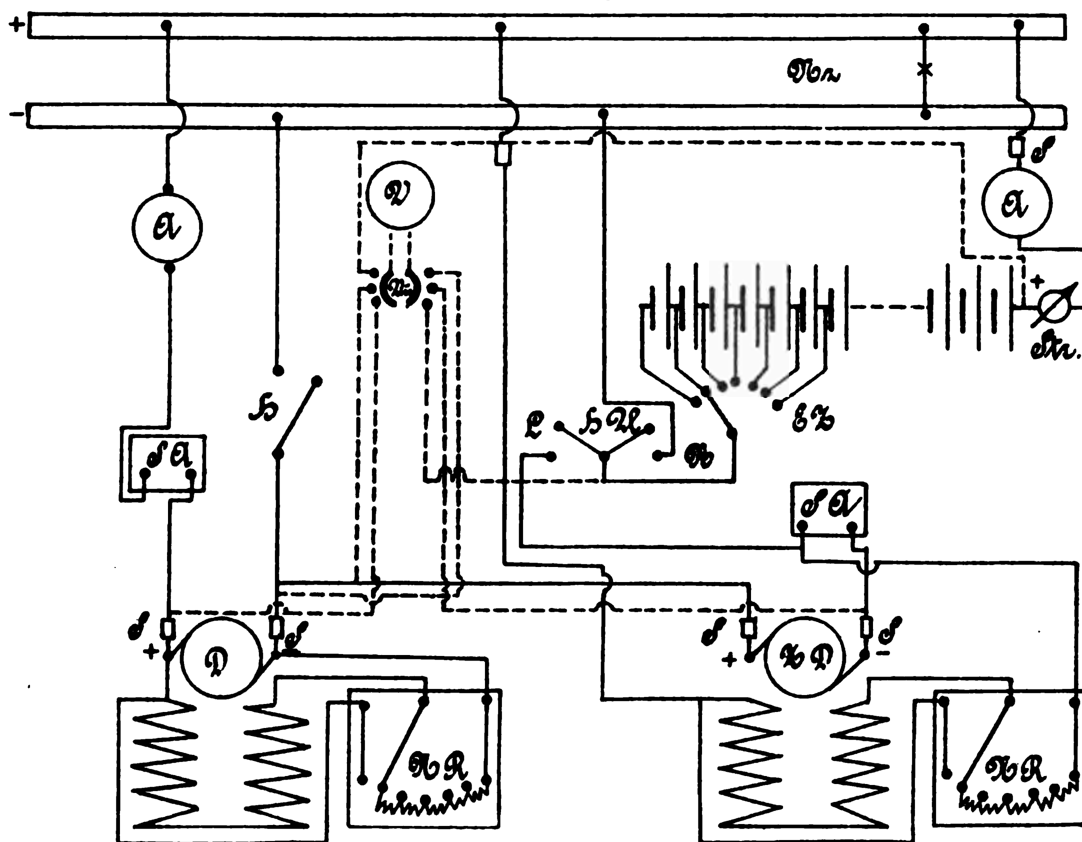
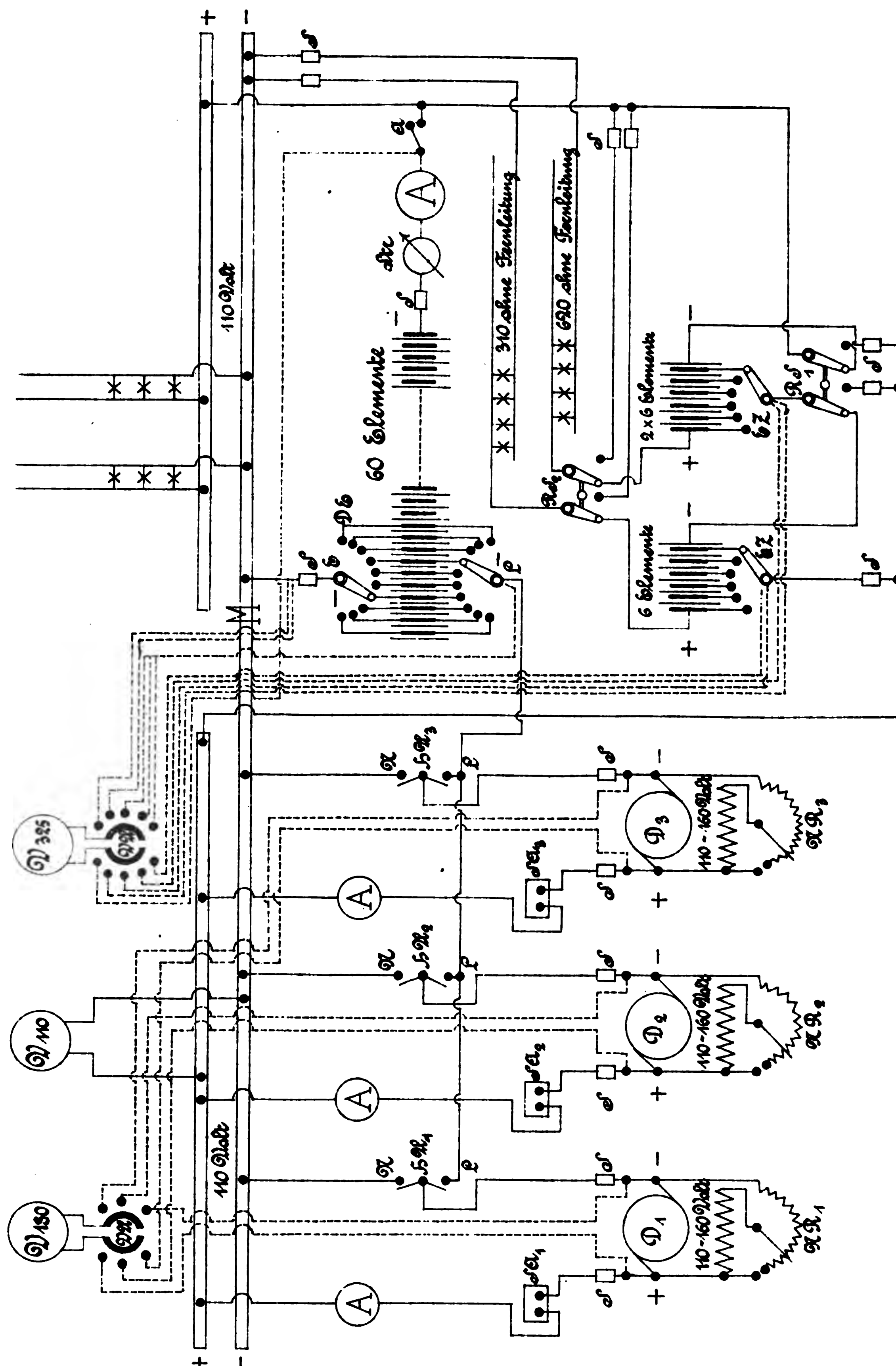


Fig. 2.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

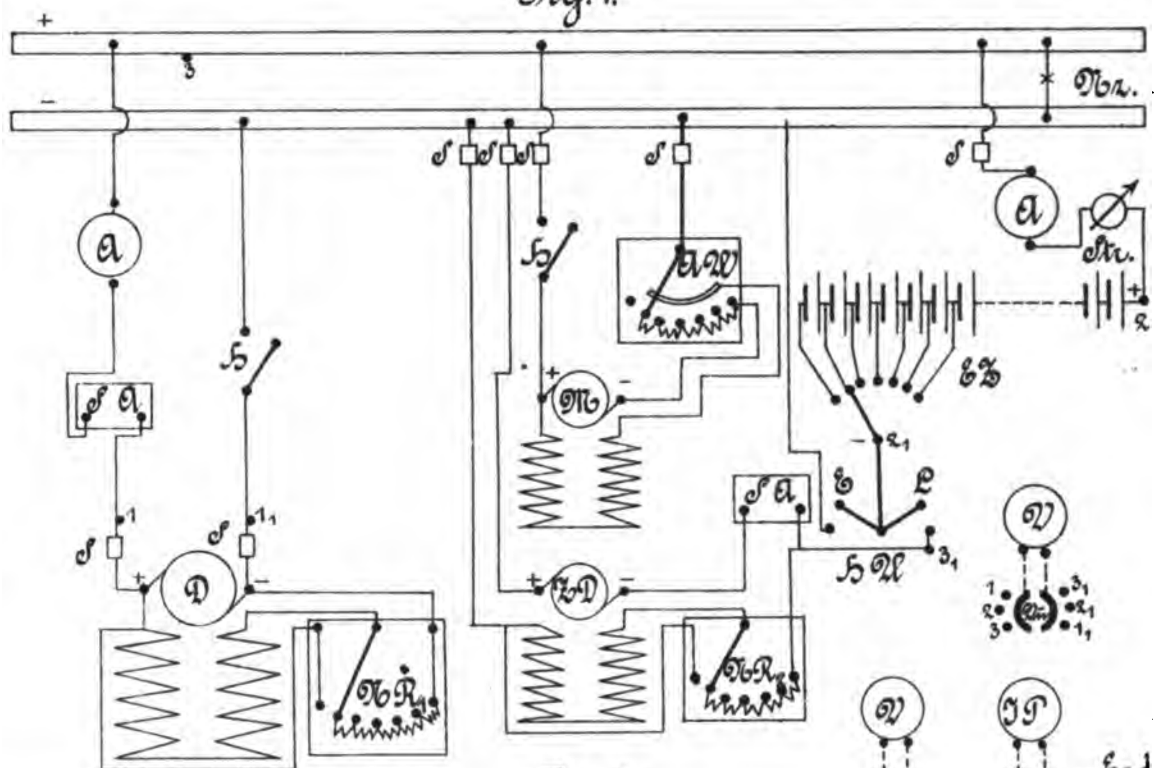
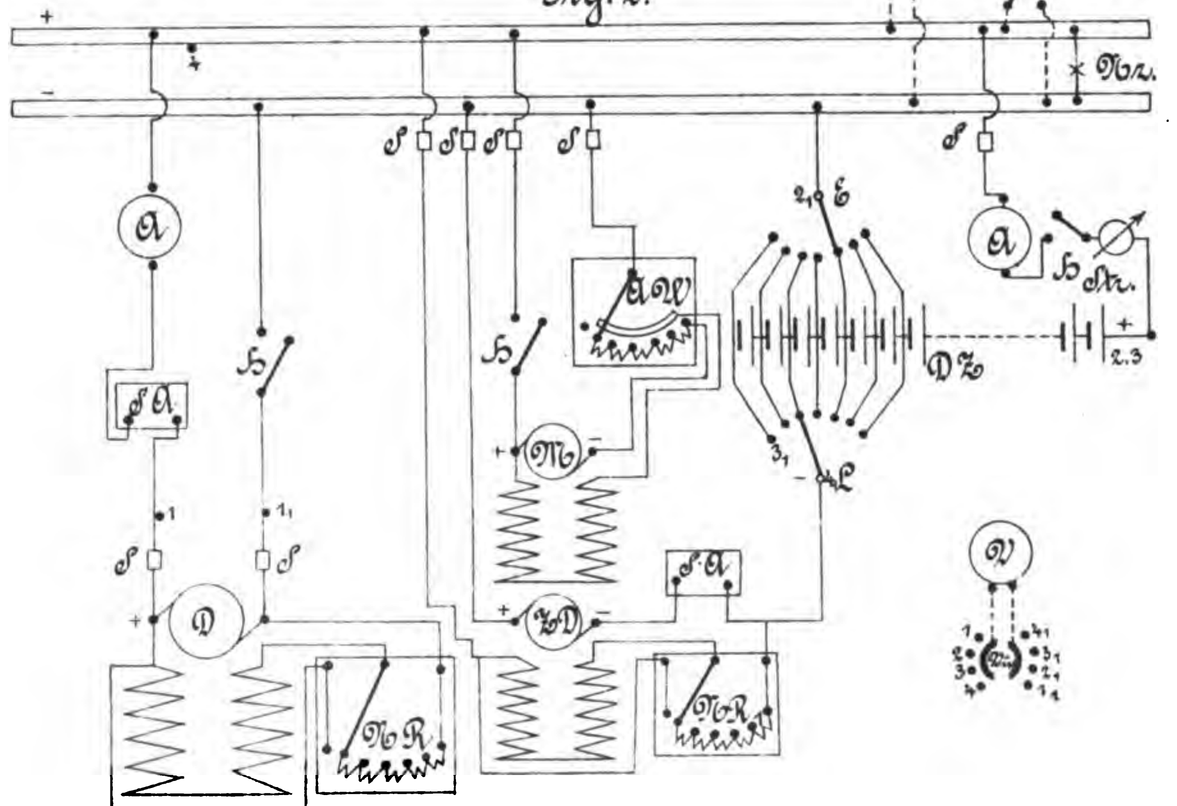
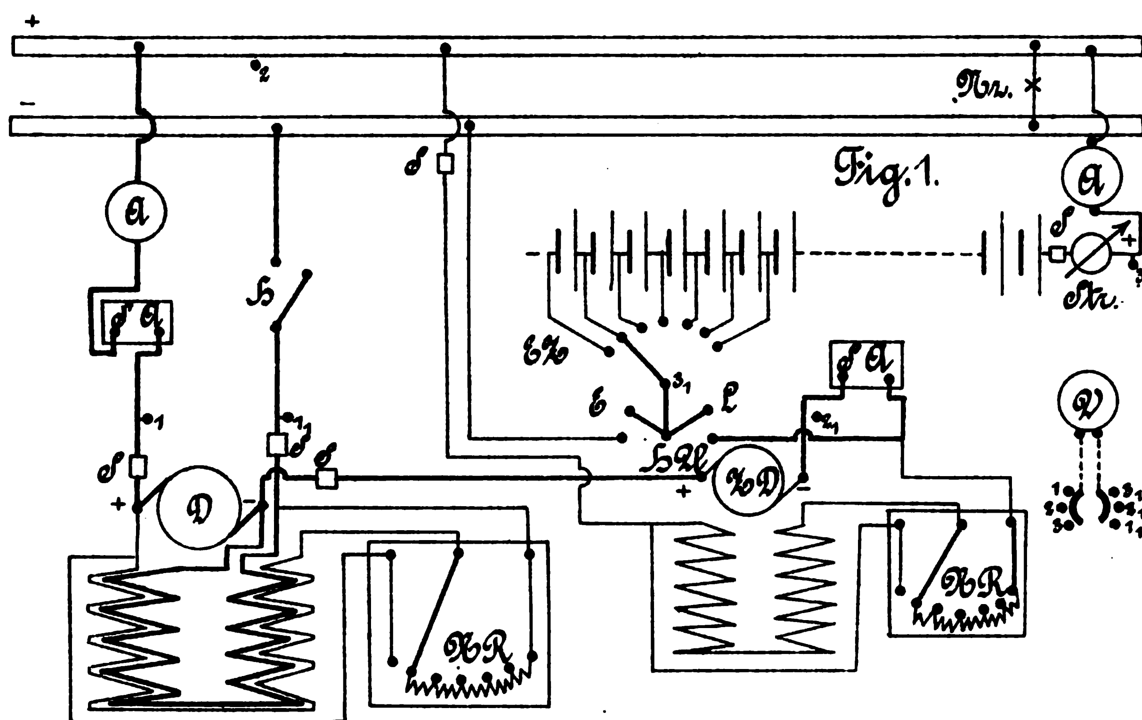


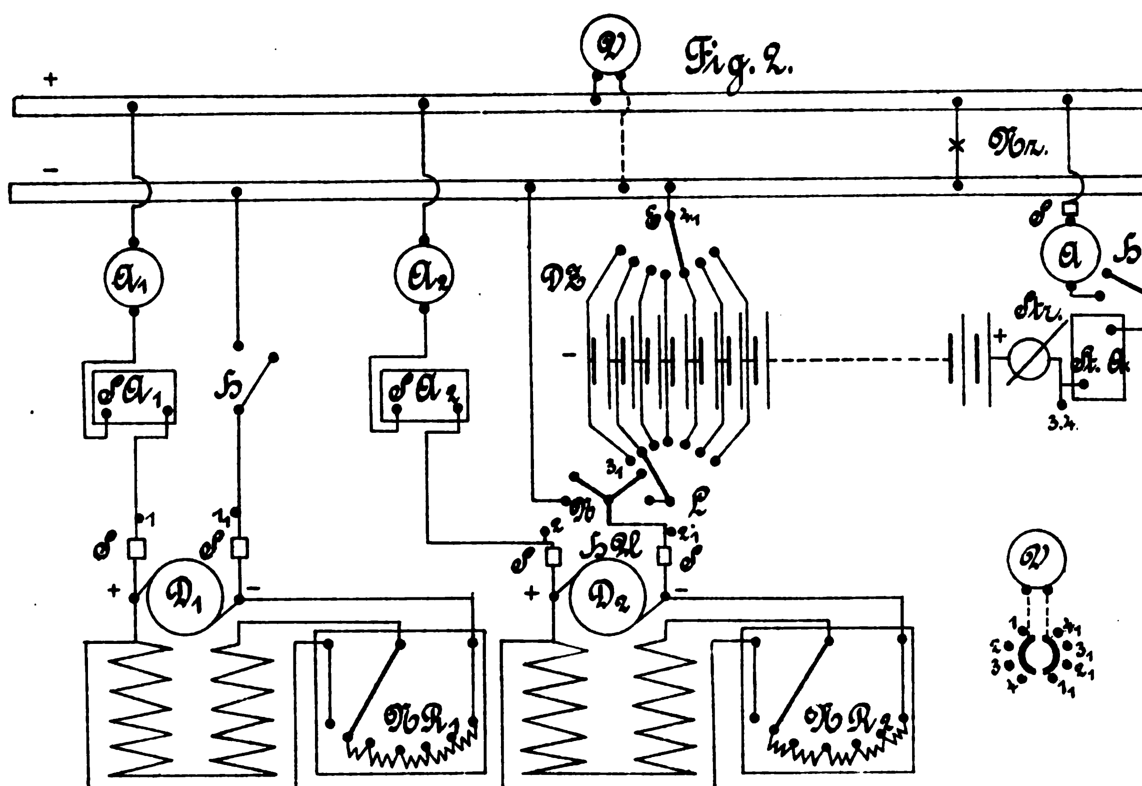
Fig. 2.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

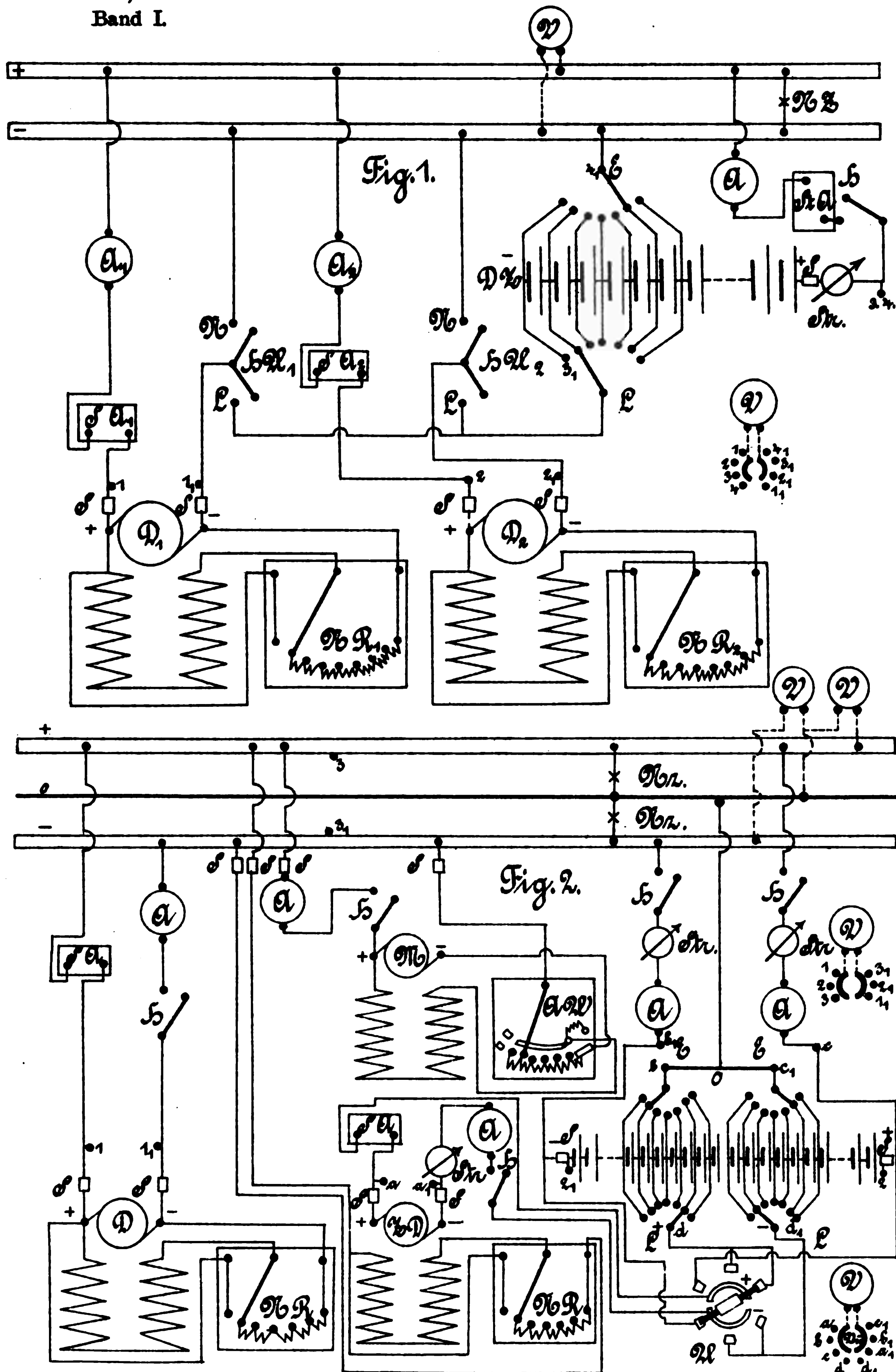
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.





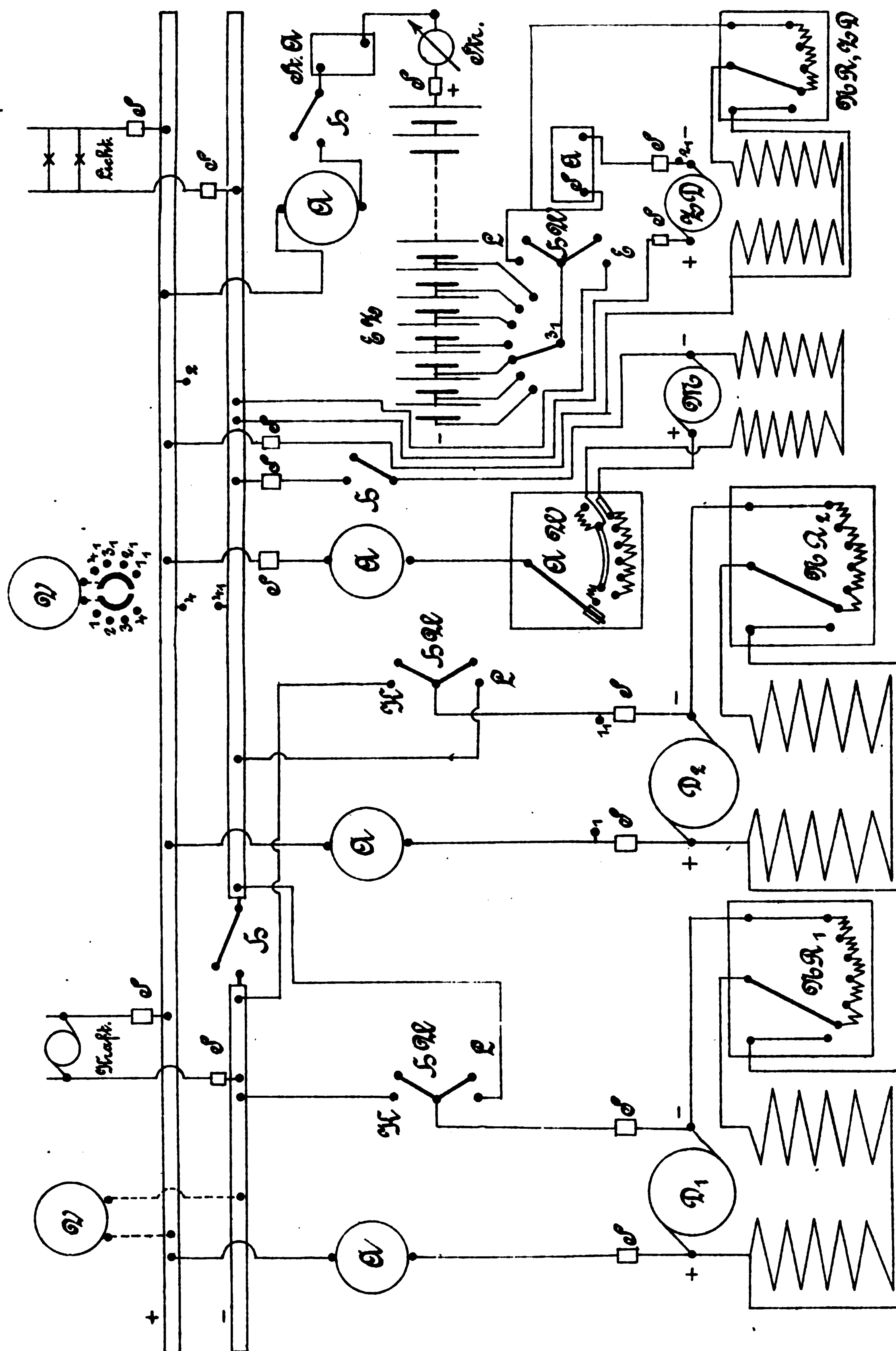
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



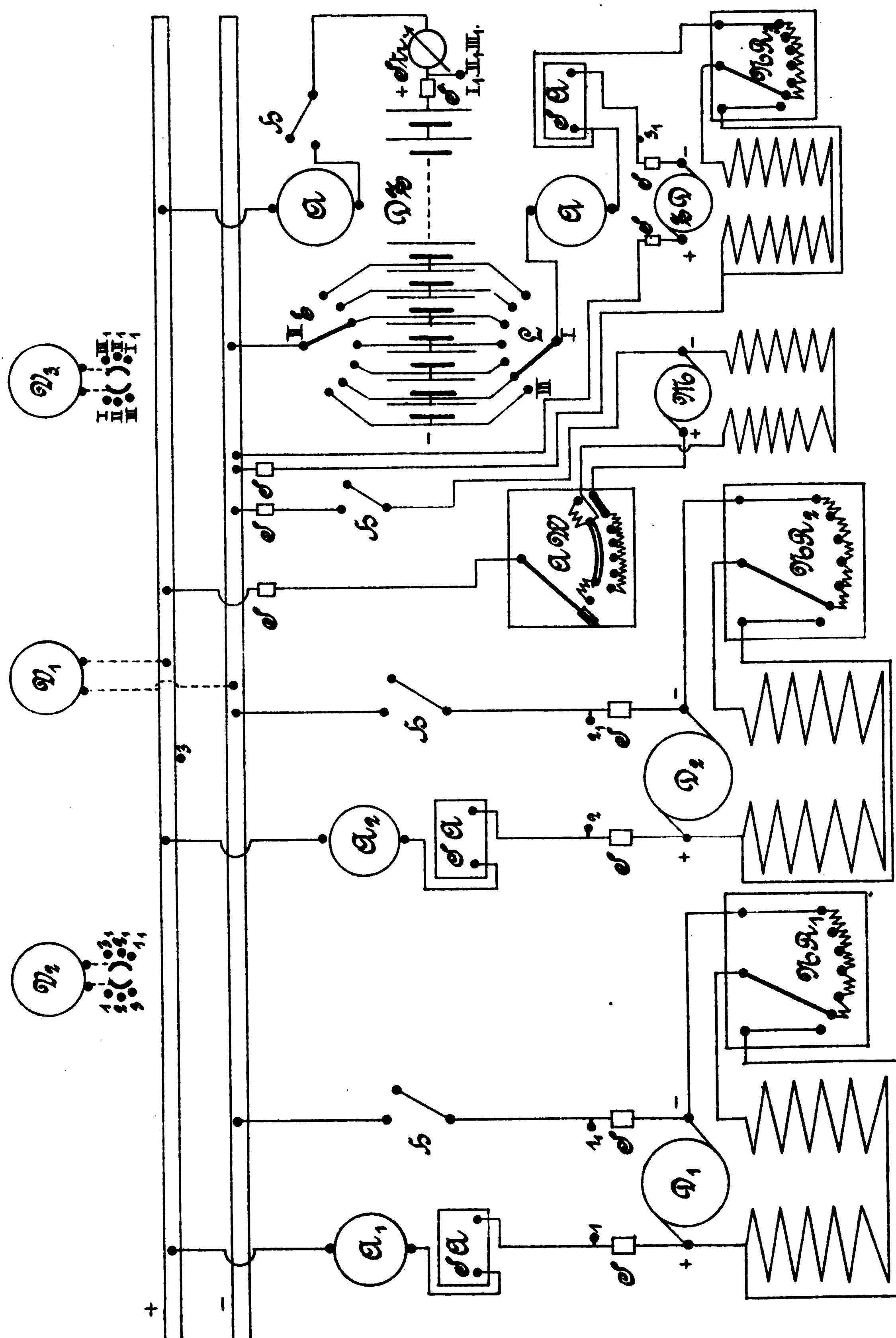
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



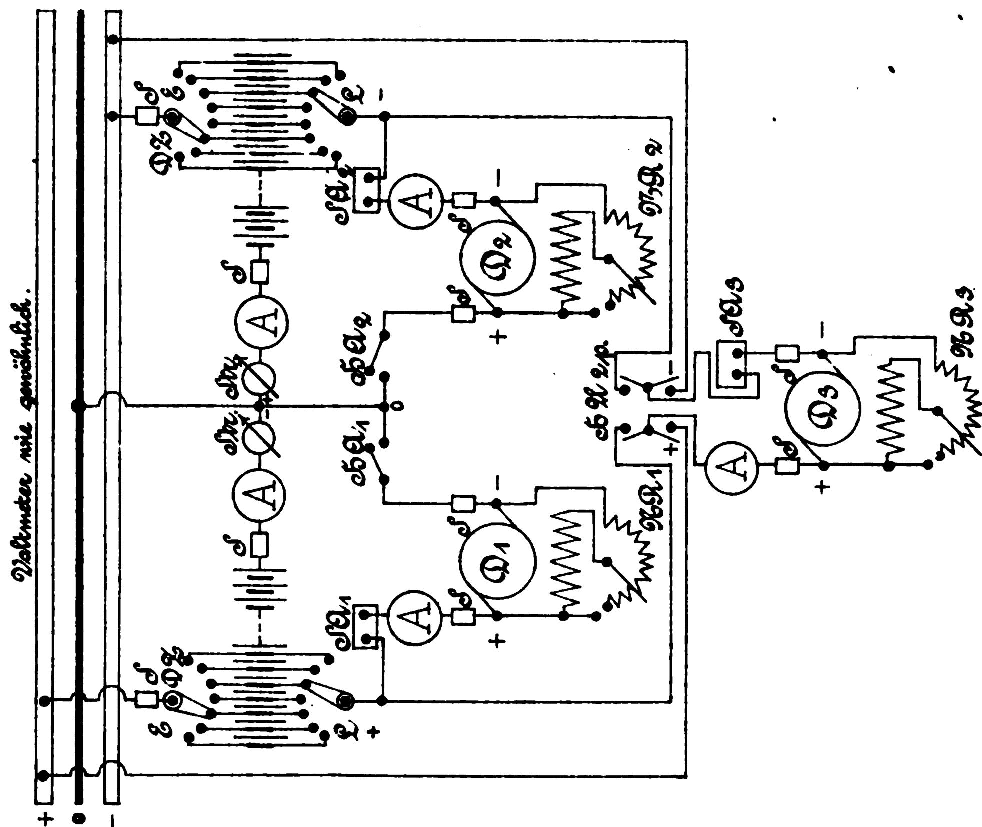
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

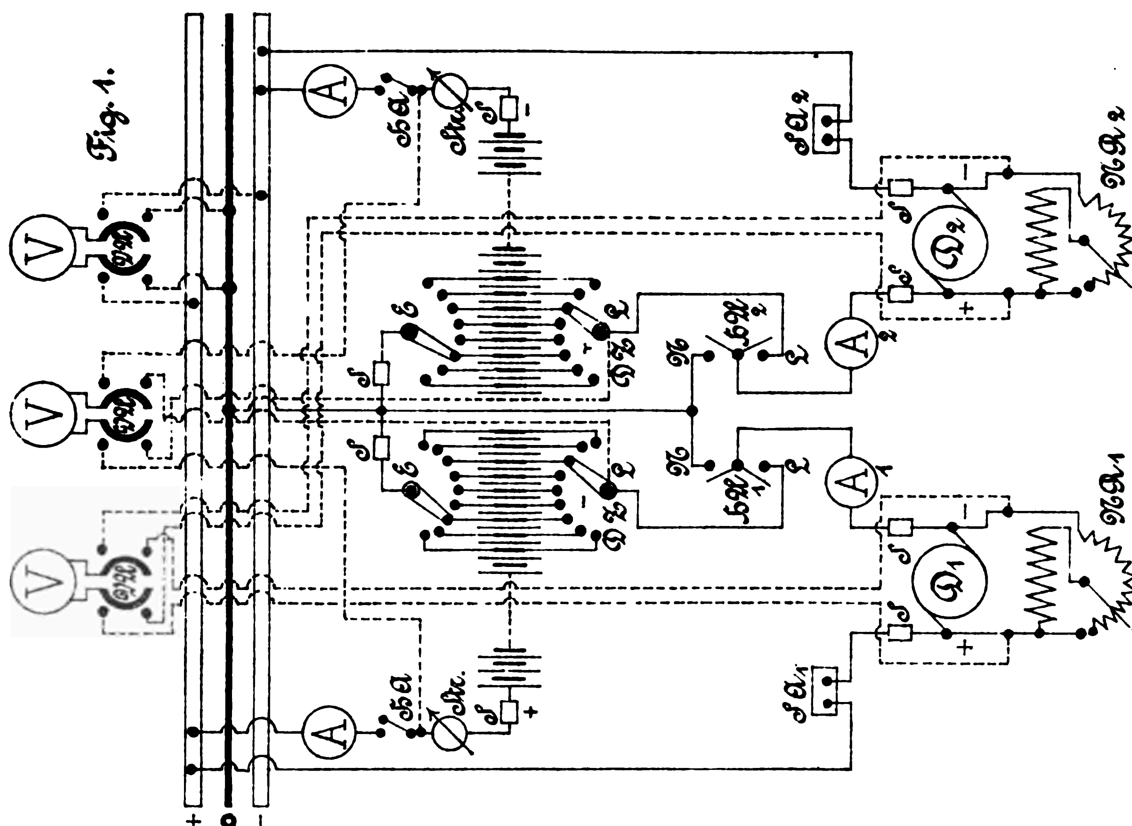
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

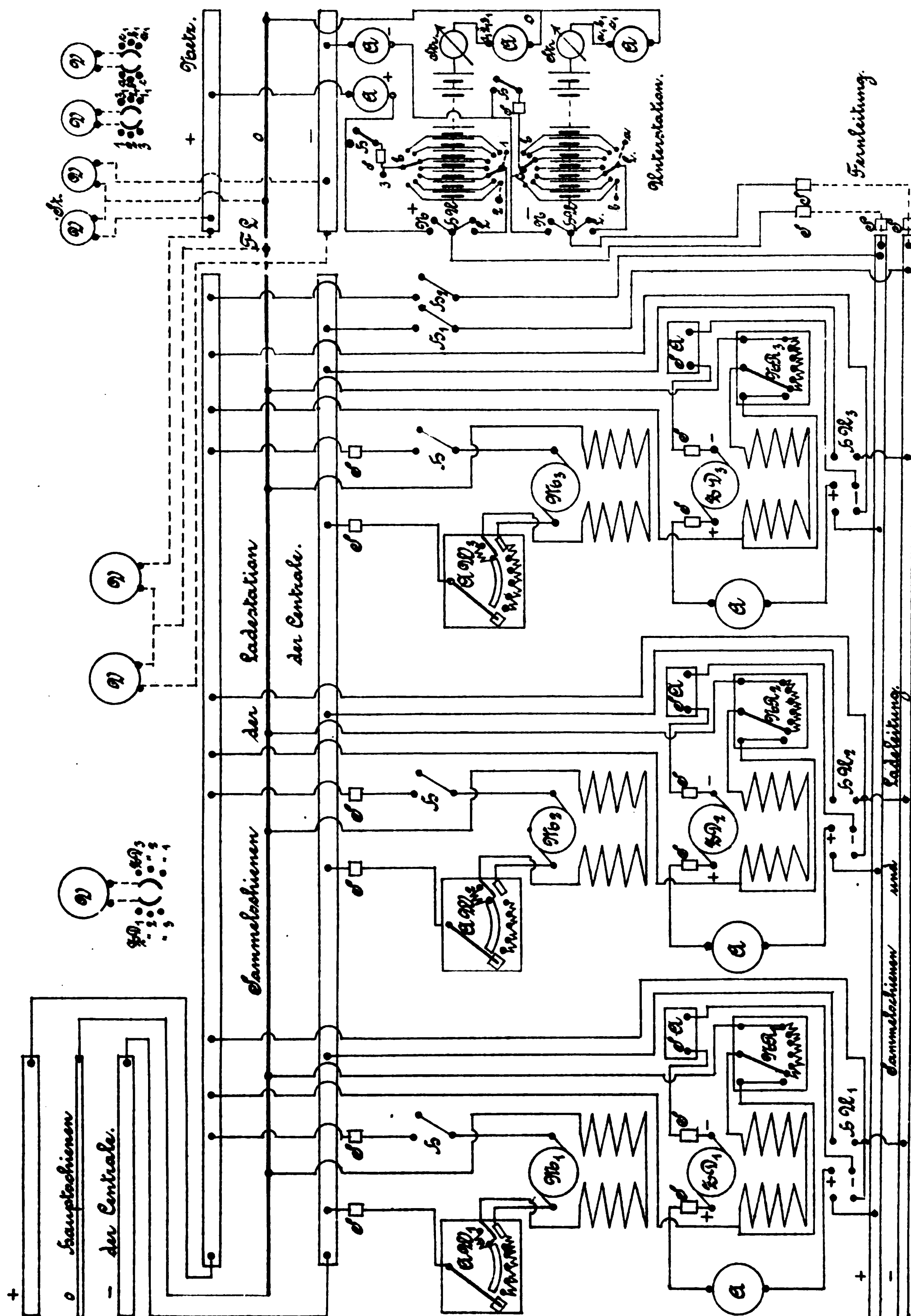
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.





Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wi…sner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

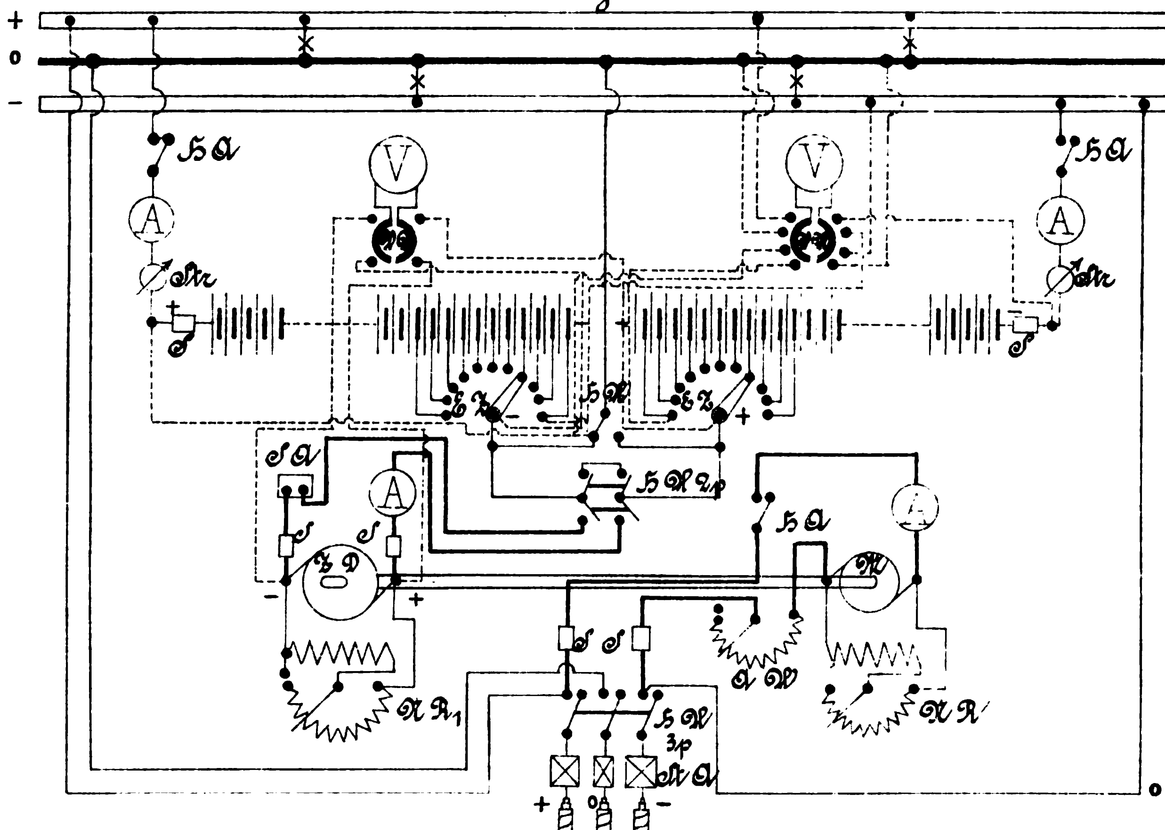
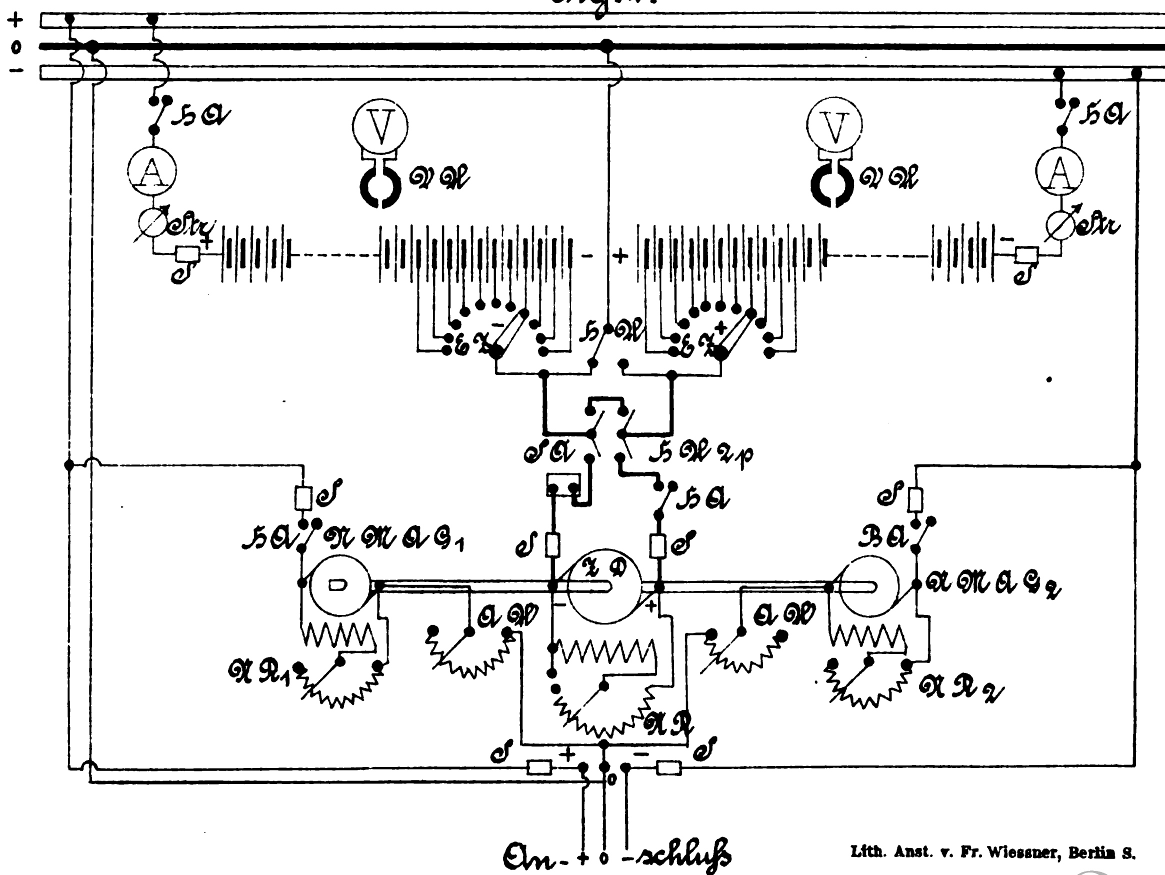
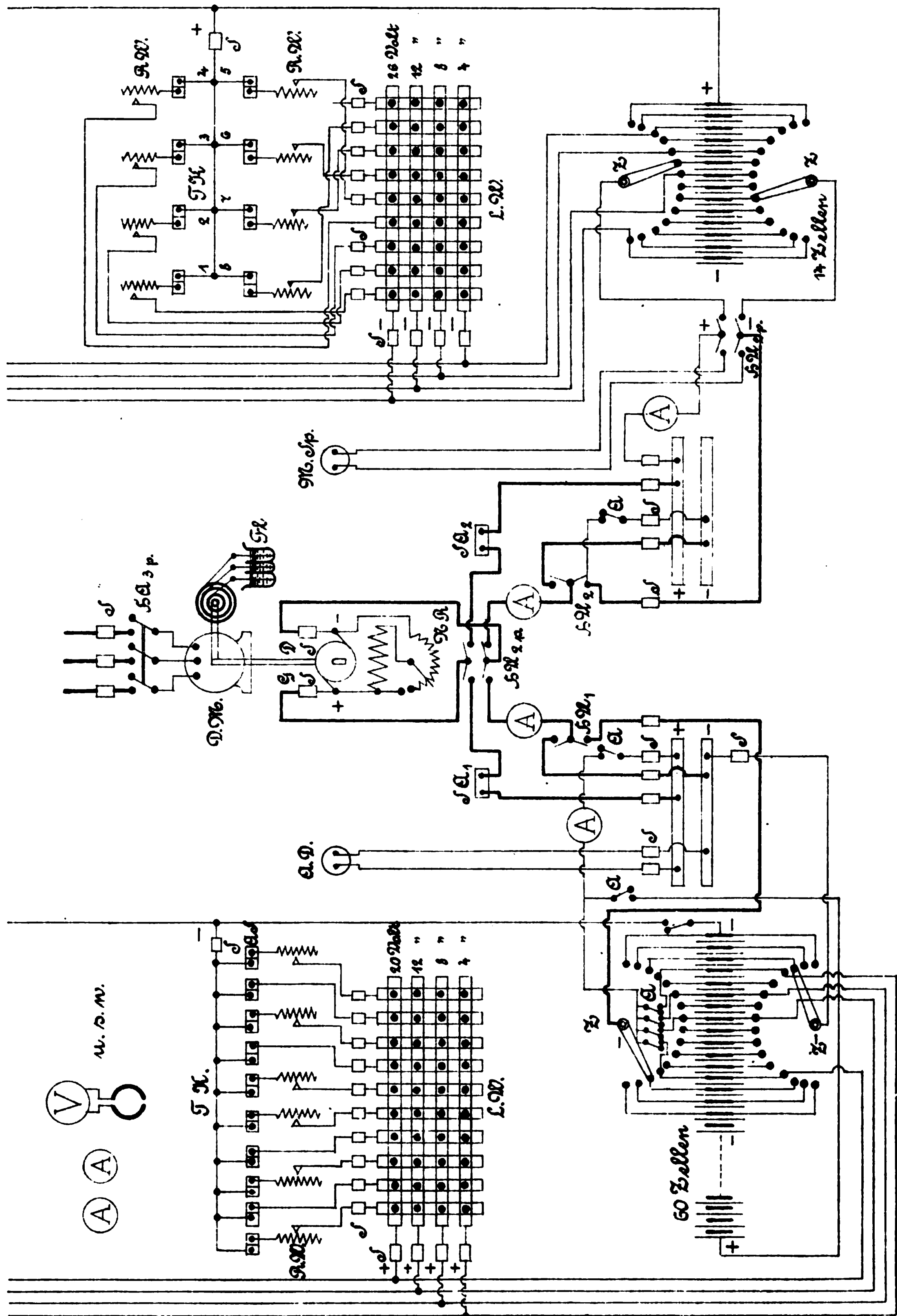


Fig. 2.

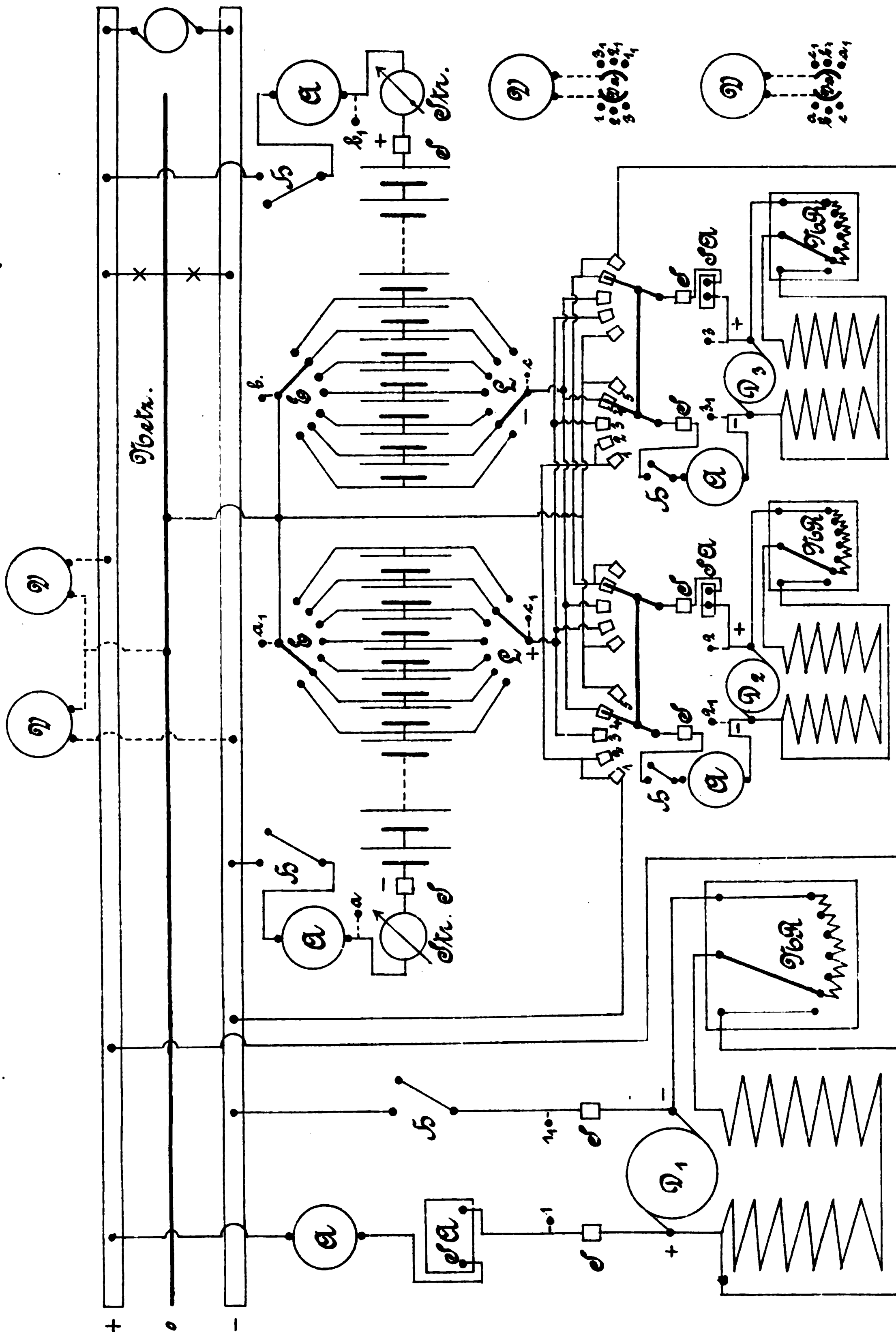


Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung. Berlin S.W. 61.



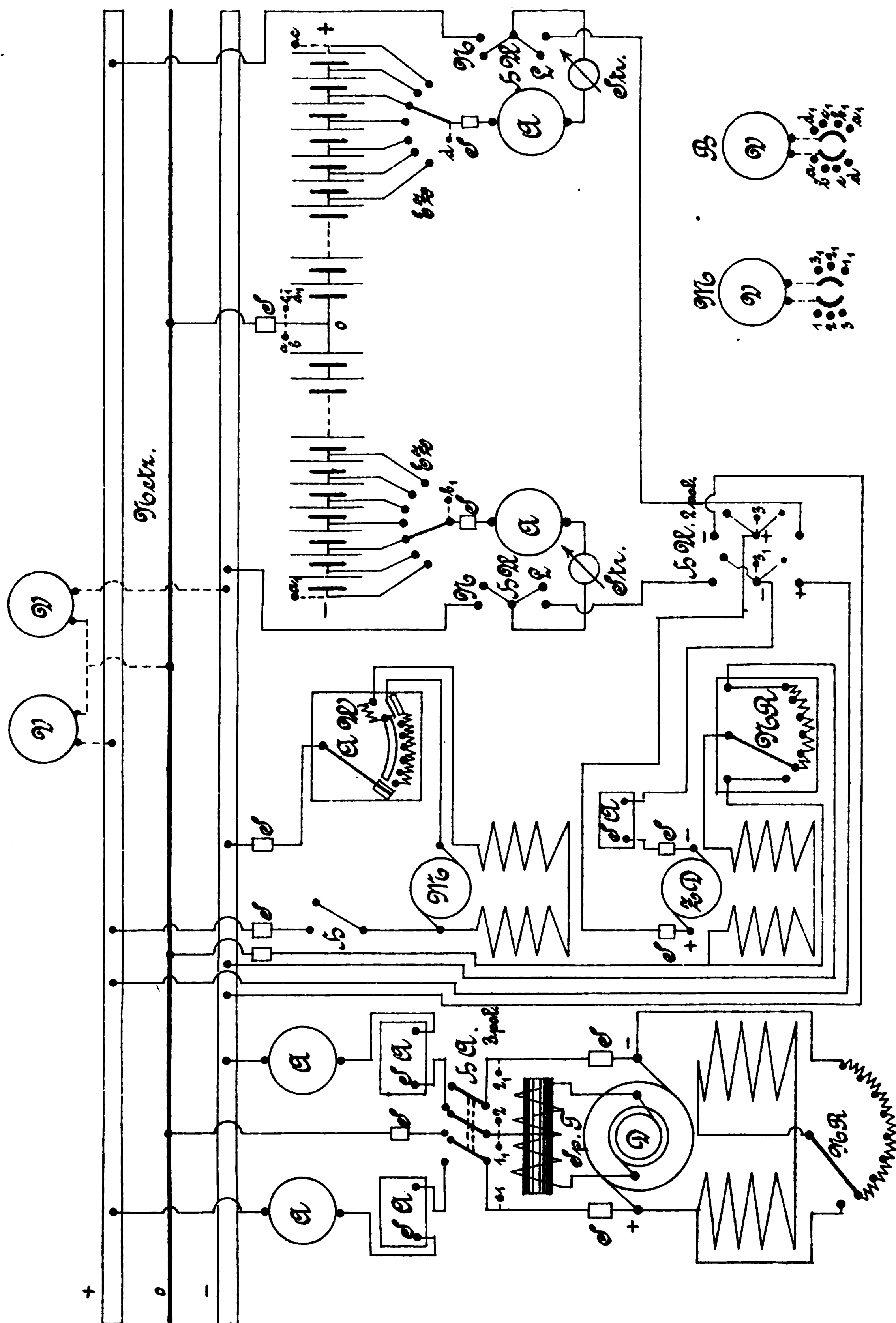
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin SW 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

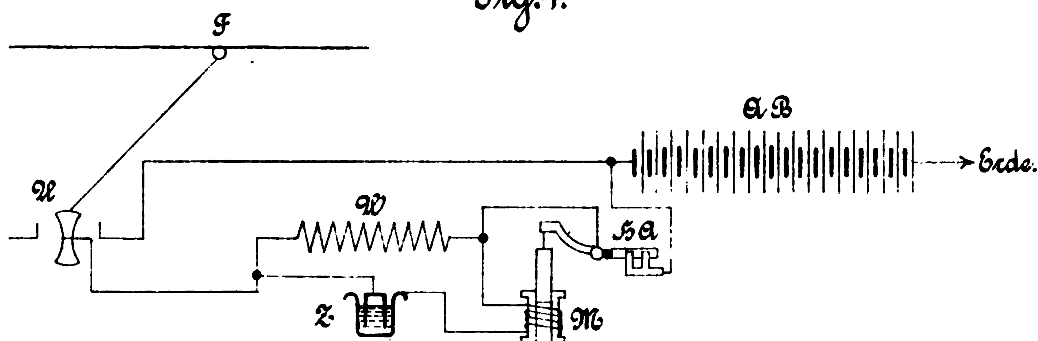


Fig. 2.

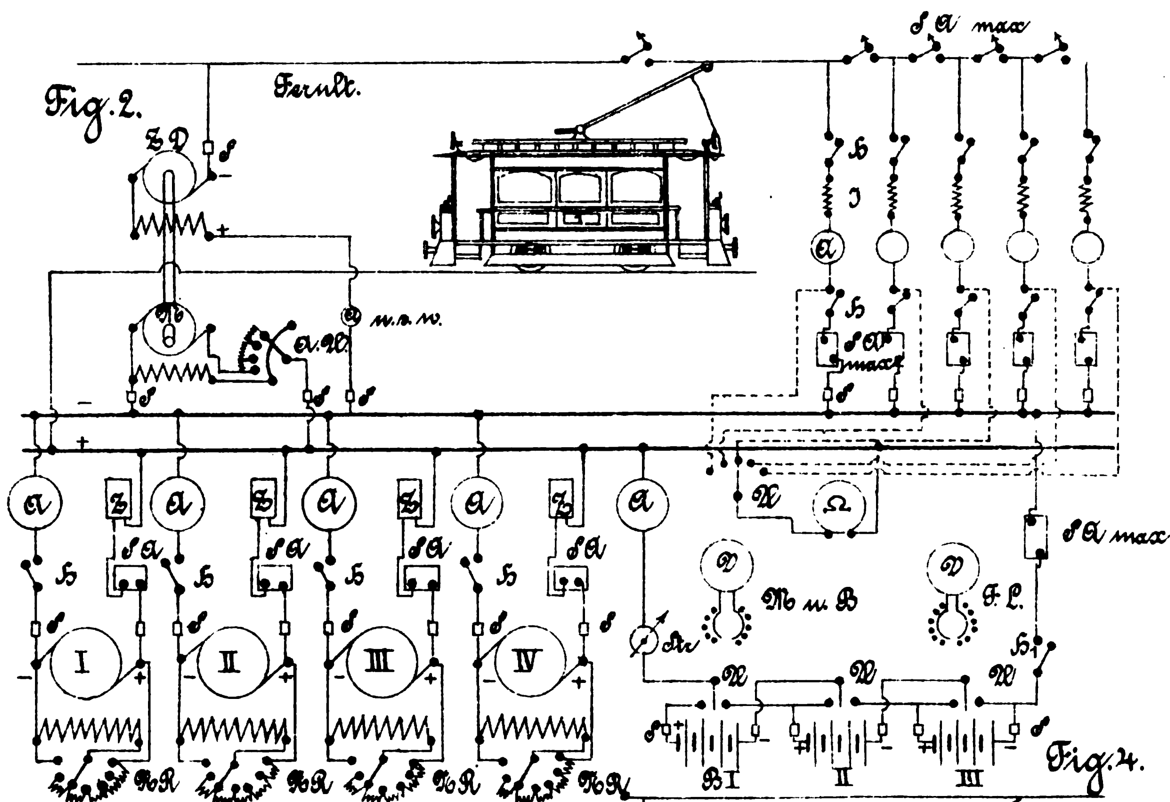
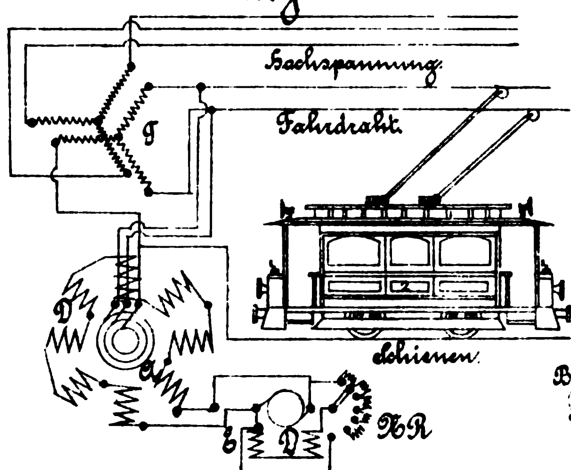
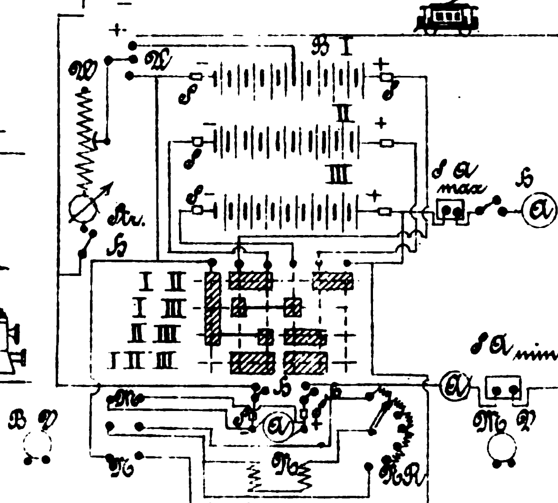


Fig. 4.

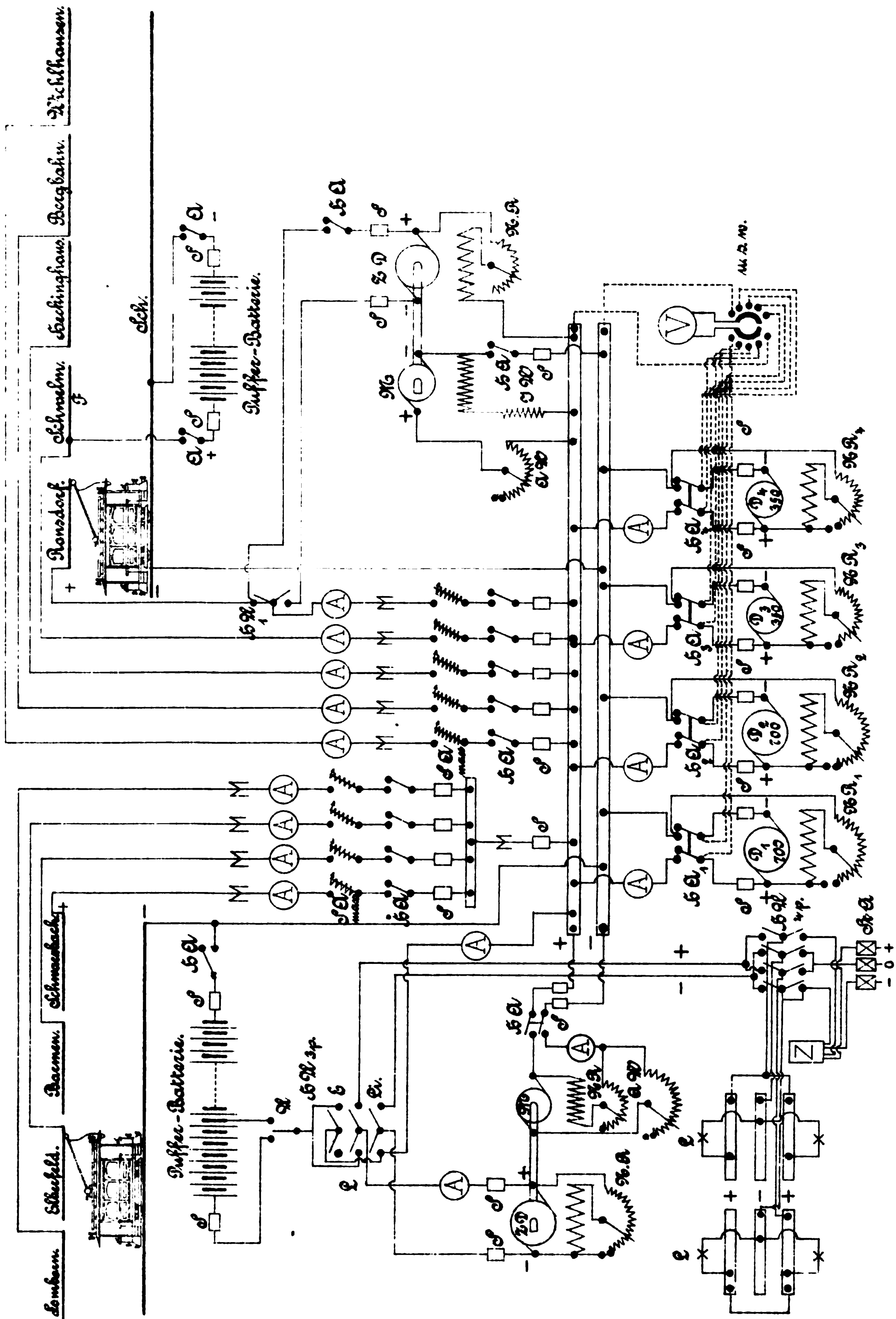
Fig. 3.





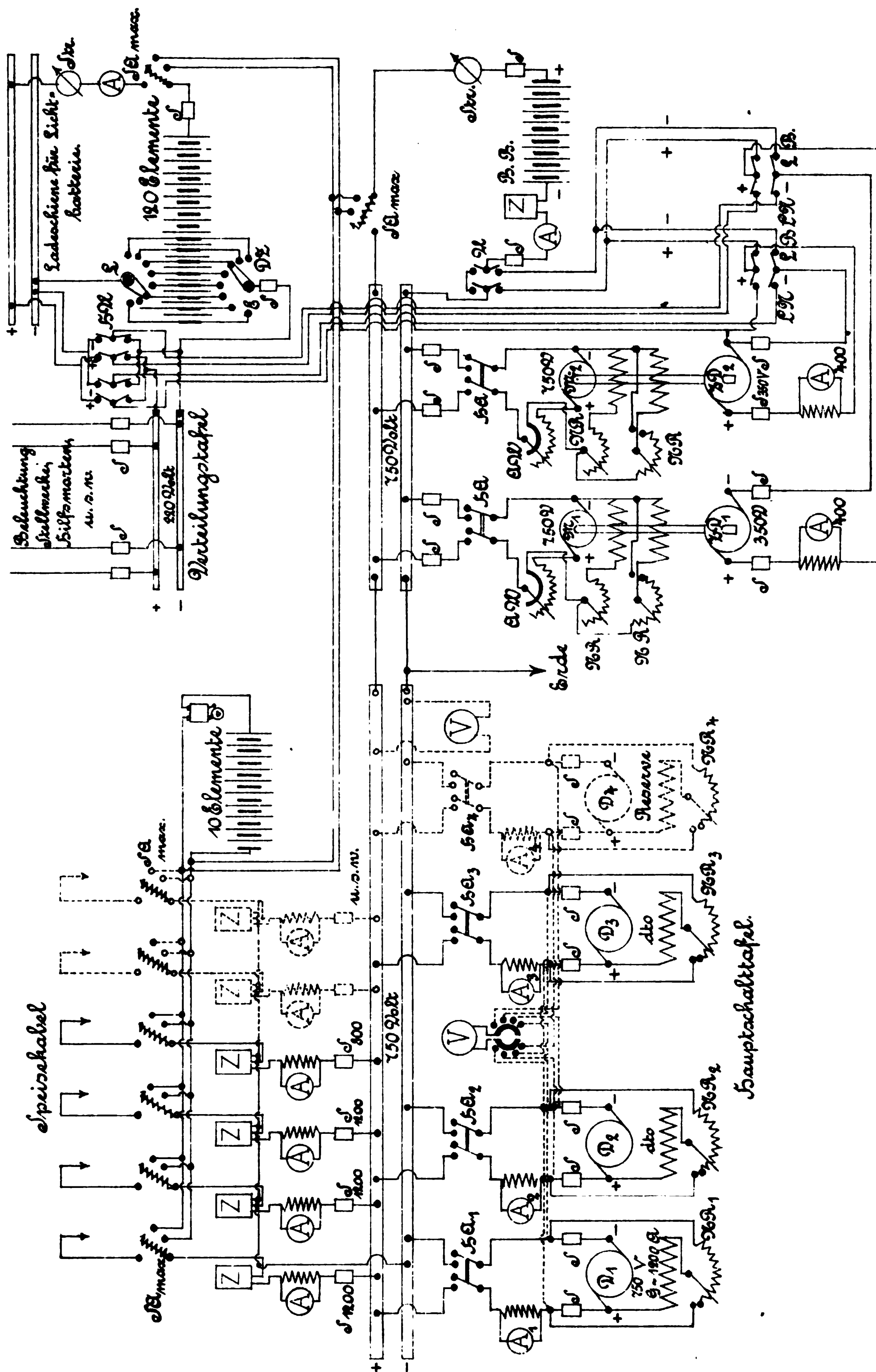
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



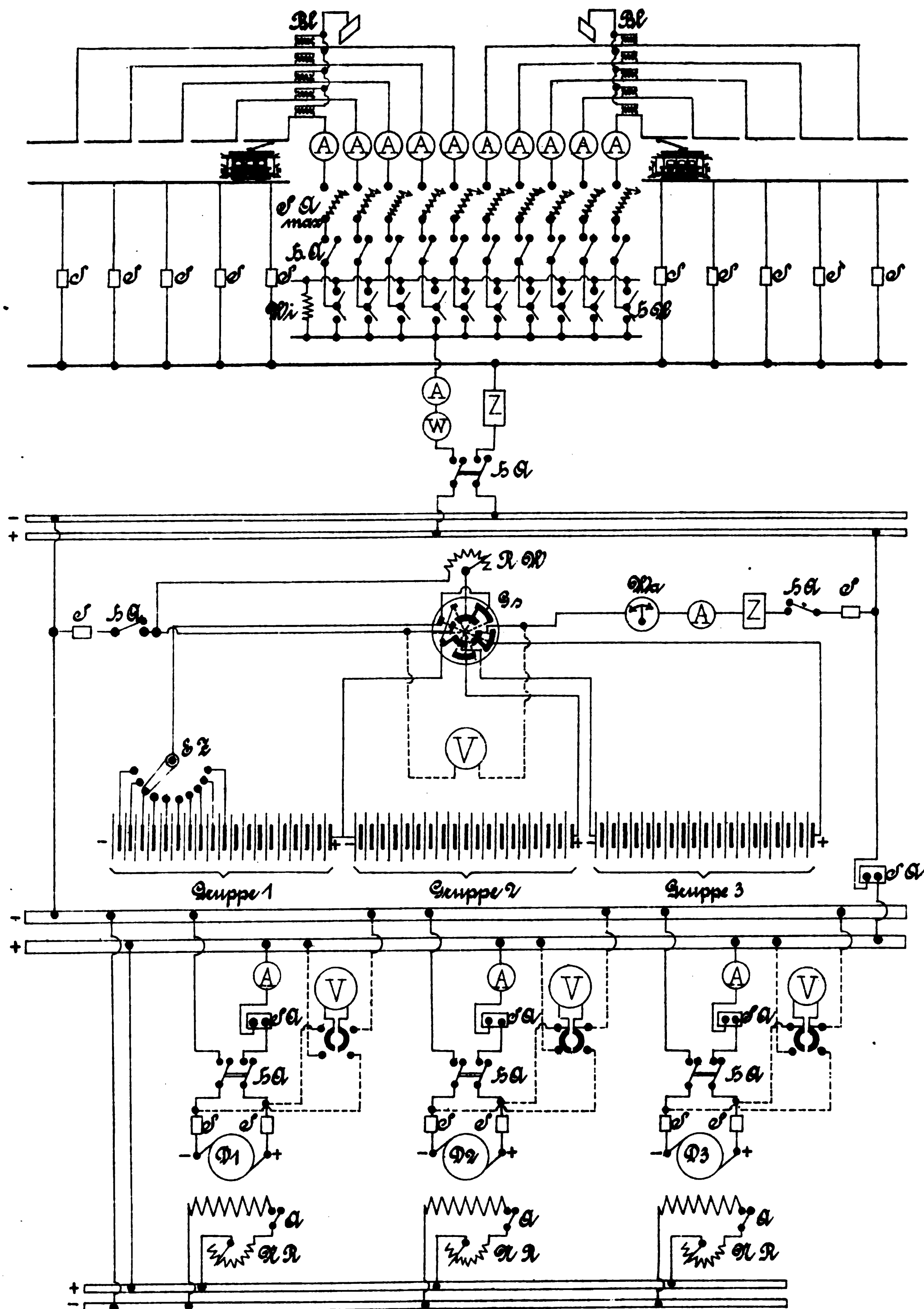
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



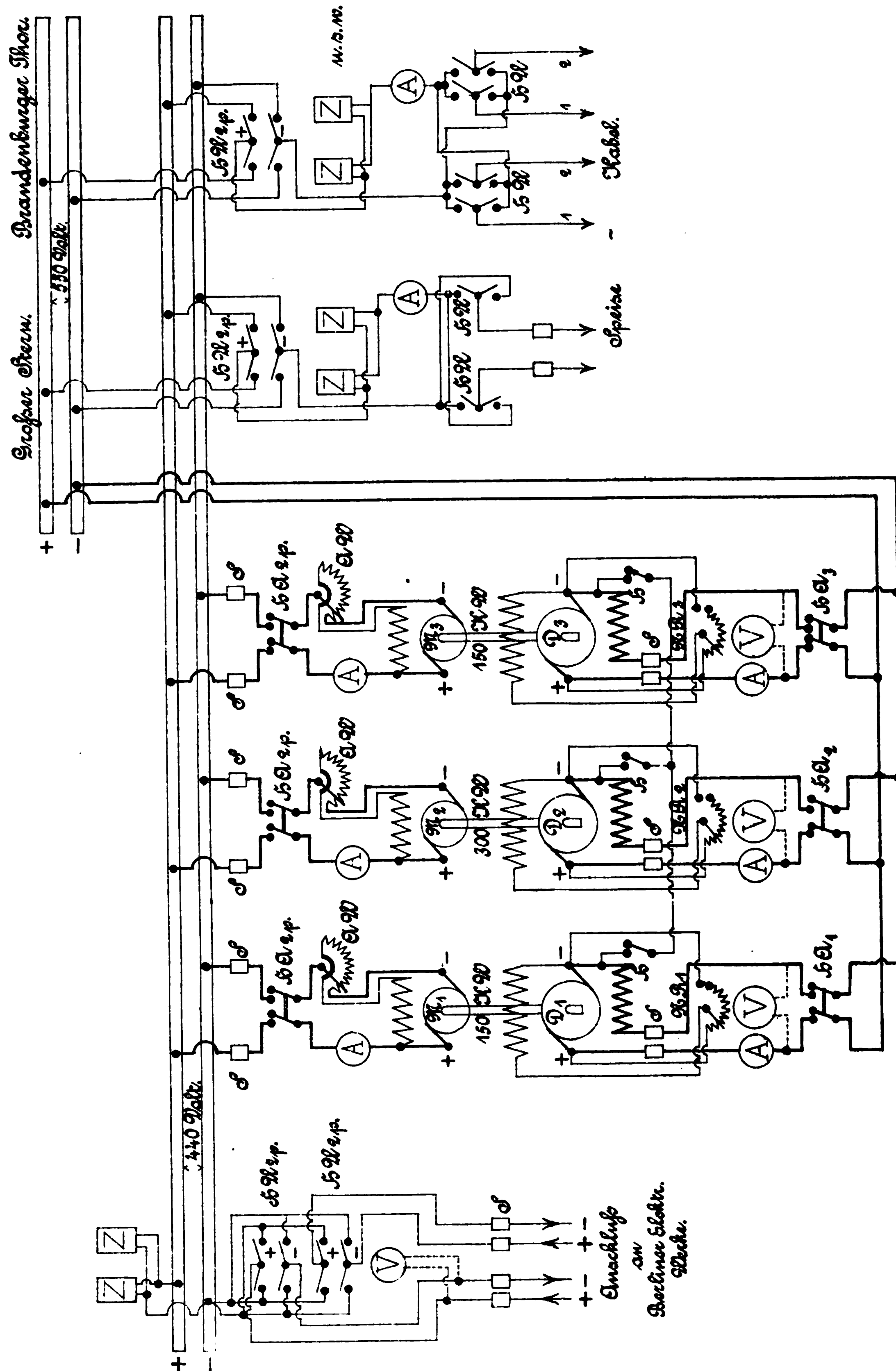
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



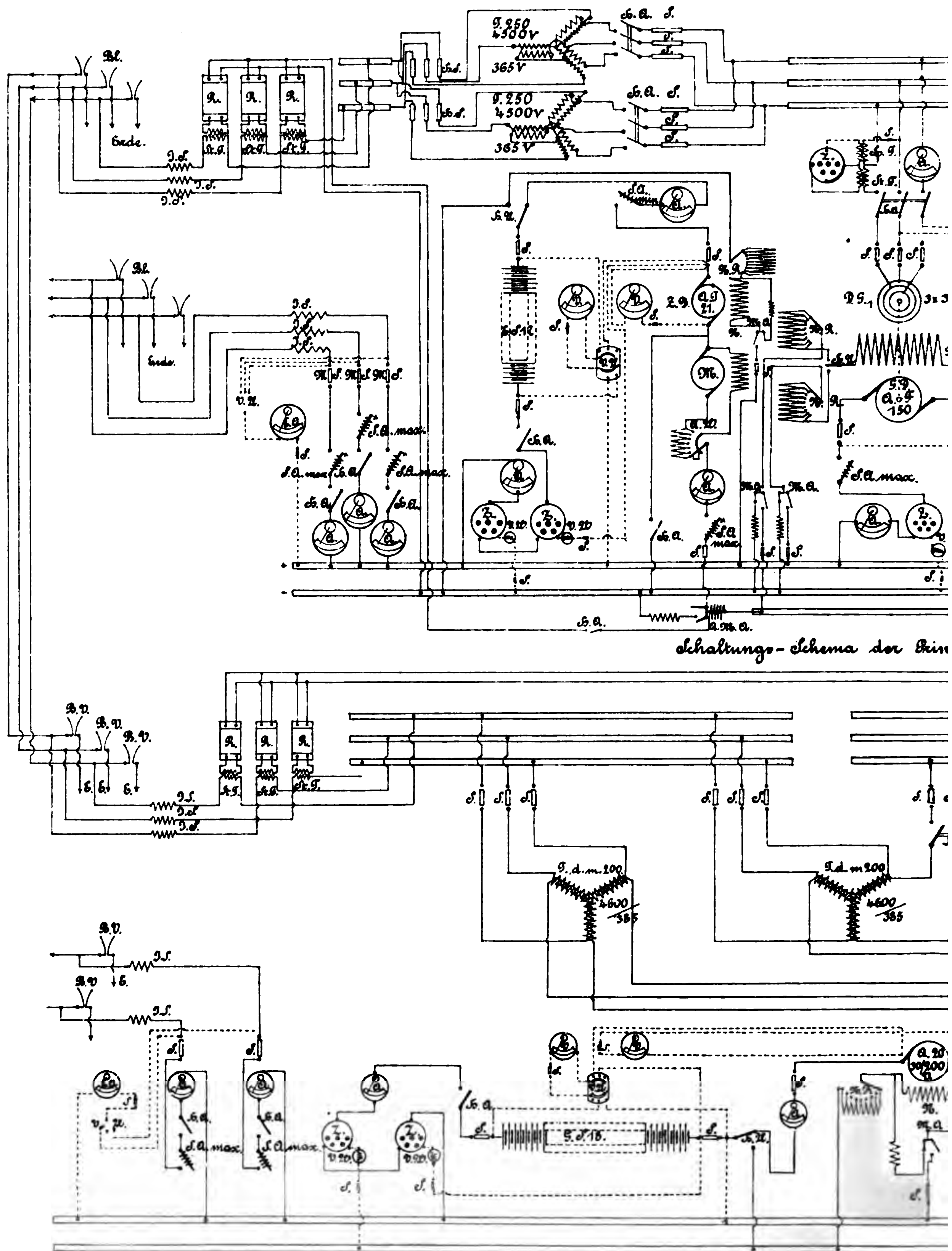
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

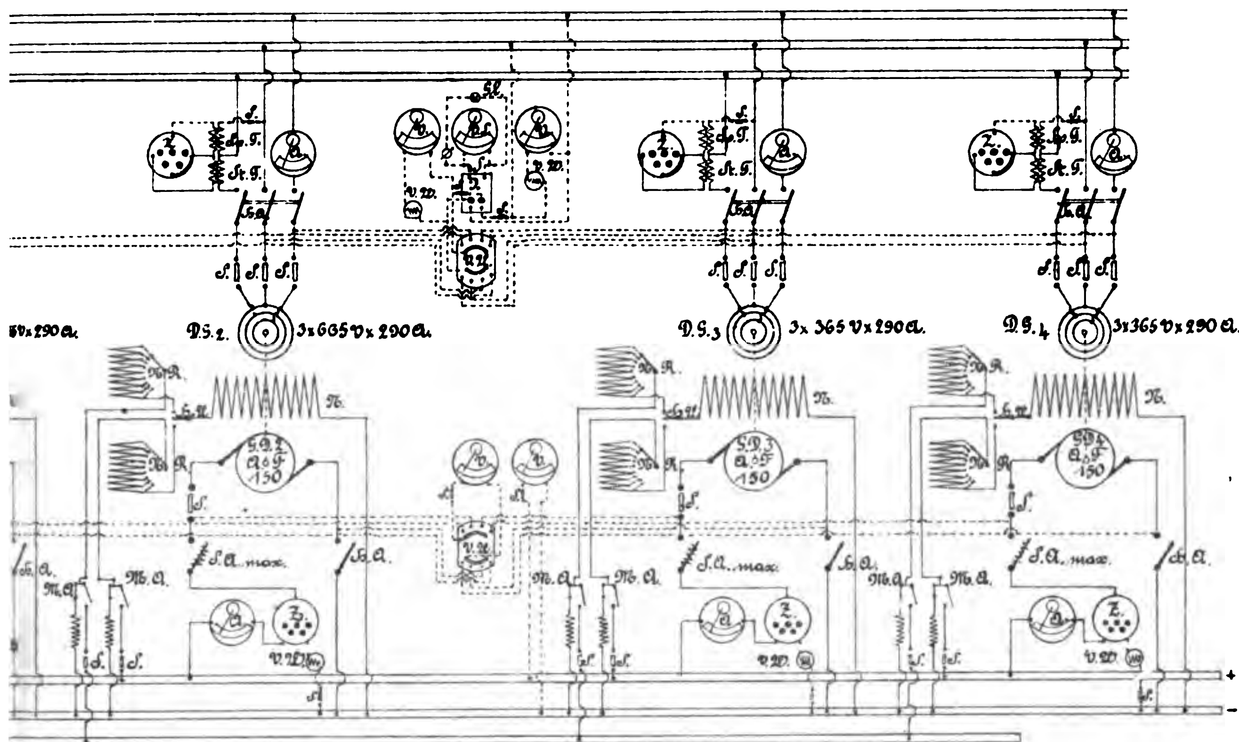


Lith. Anst v. Fr. Wiessner, Berlin S.

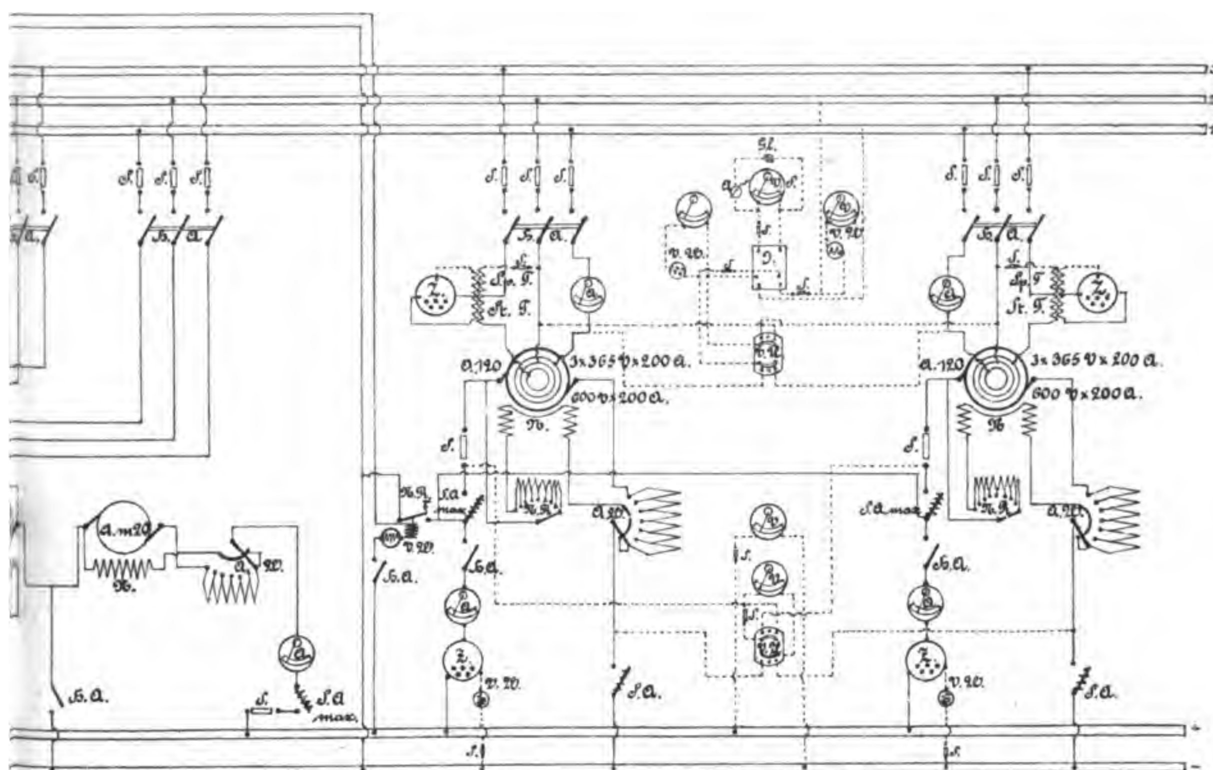
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Verlag von Louis Marcus Verlag

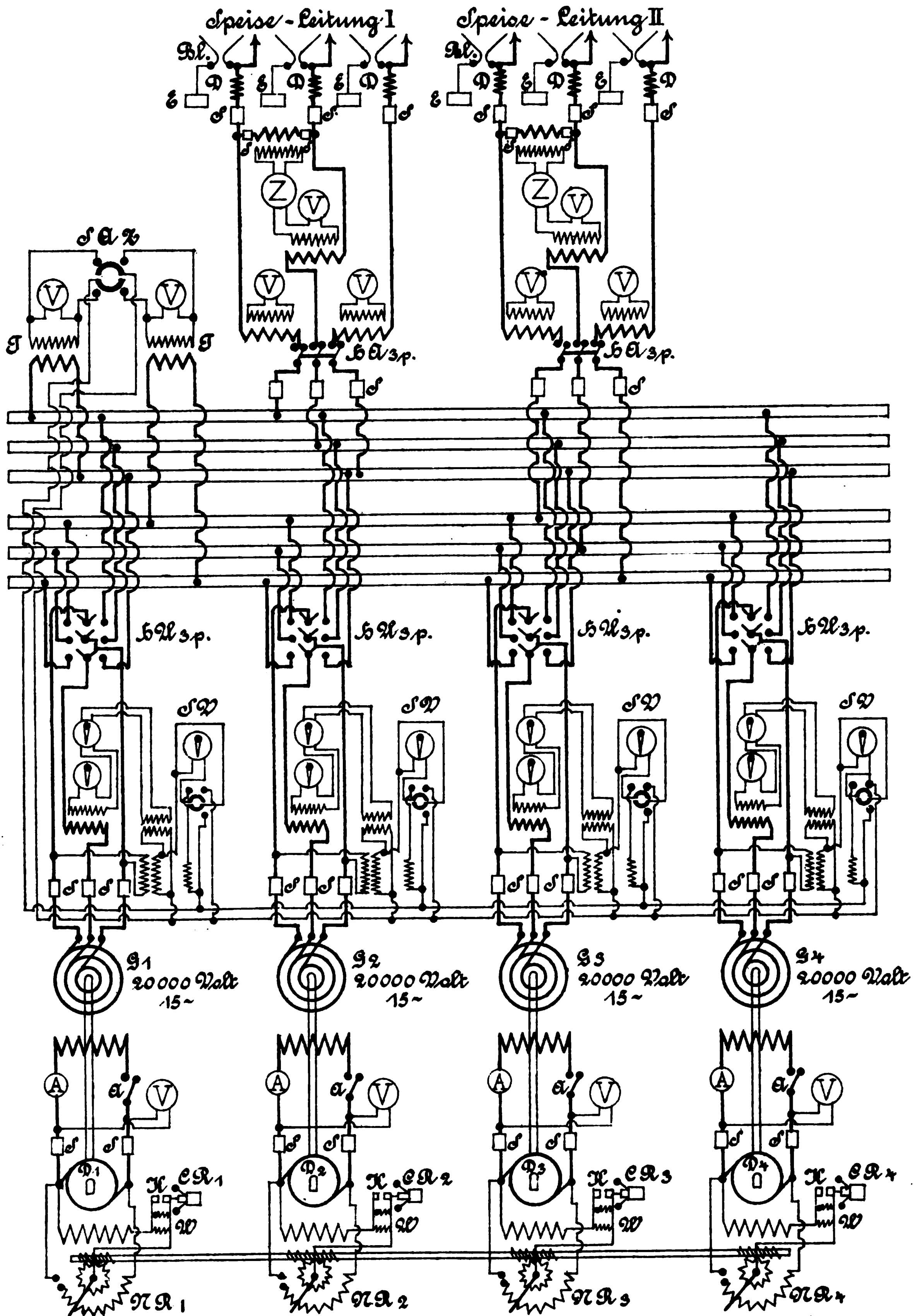


...terstation Nieder-Heiduck.



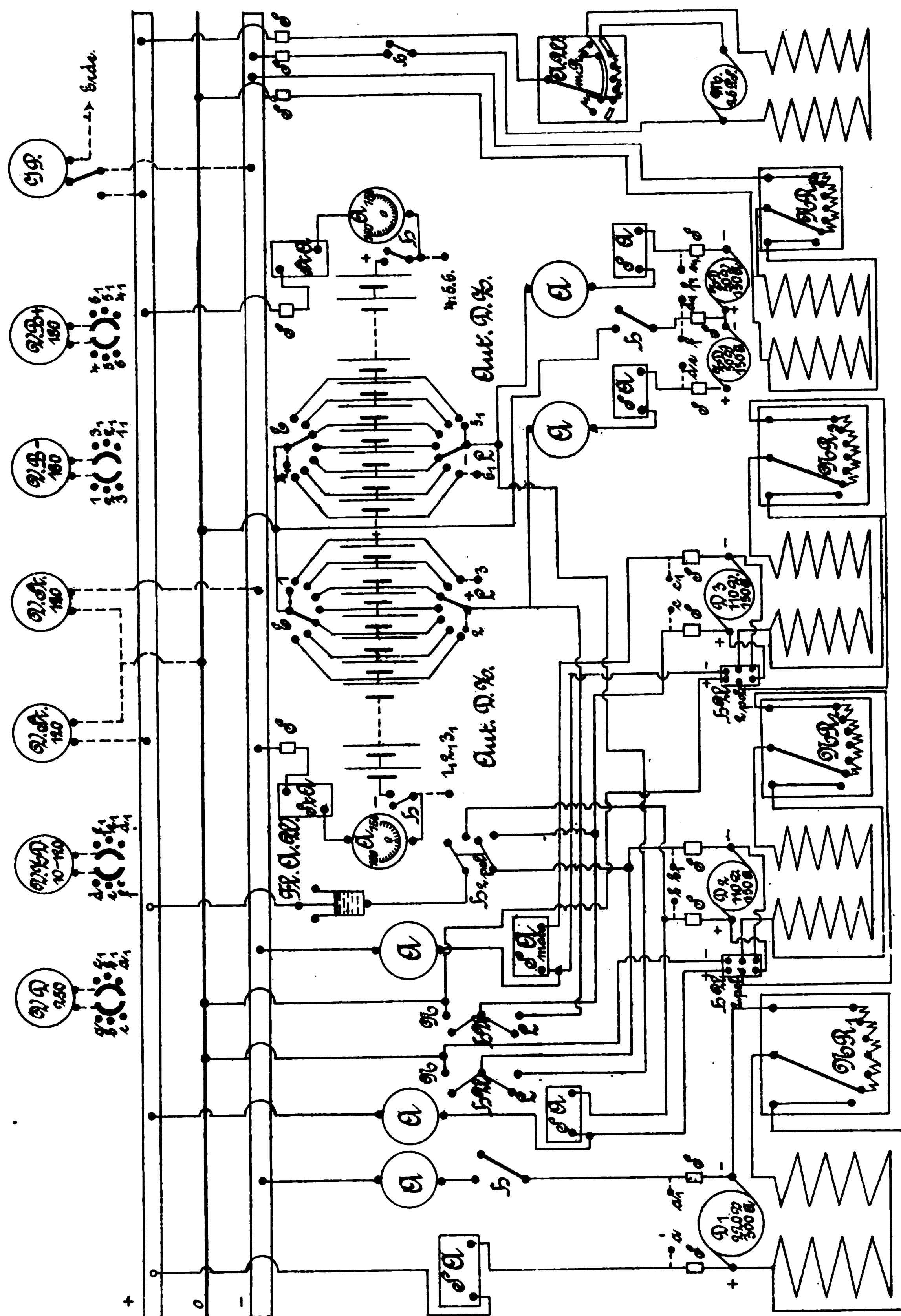
... Unterstation Rosdzin.

...buchhandlung, Berlin S.W. 61.
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.



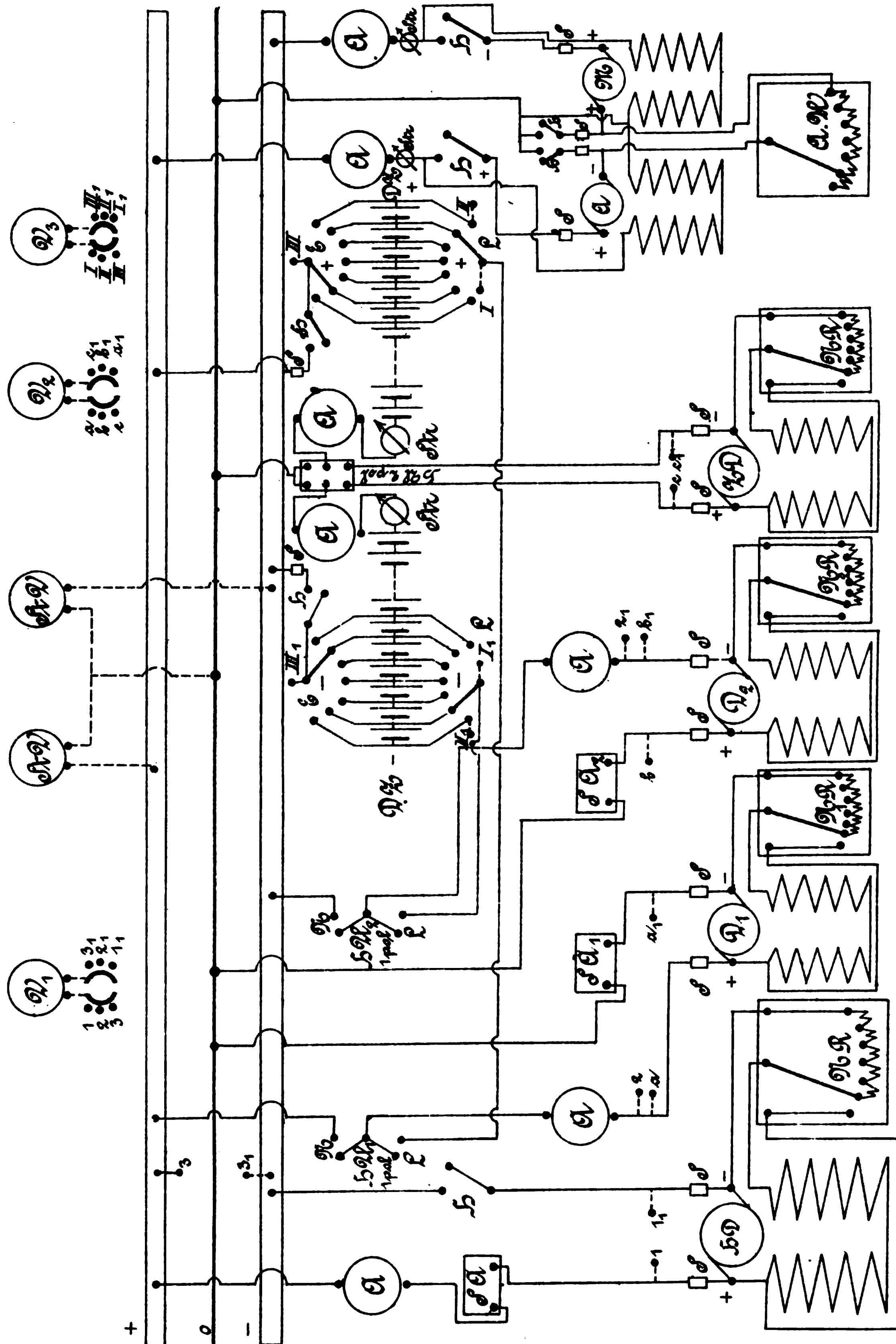
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



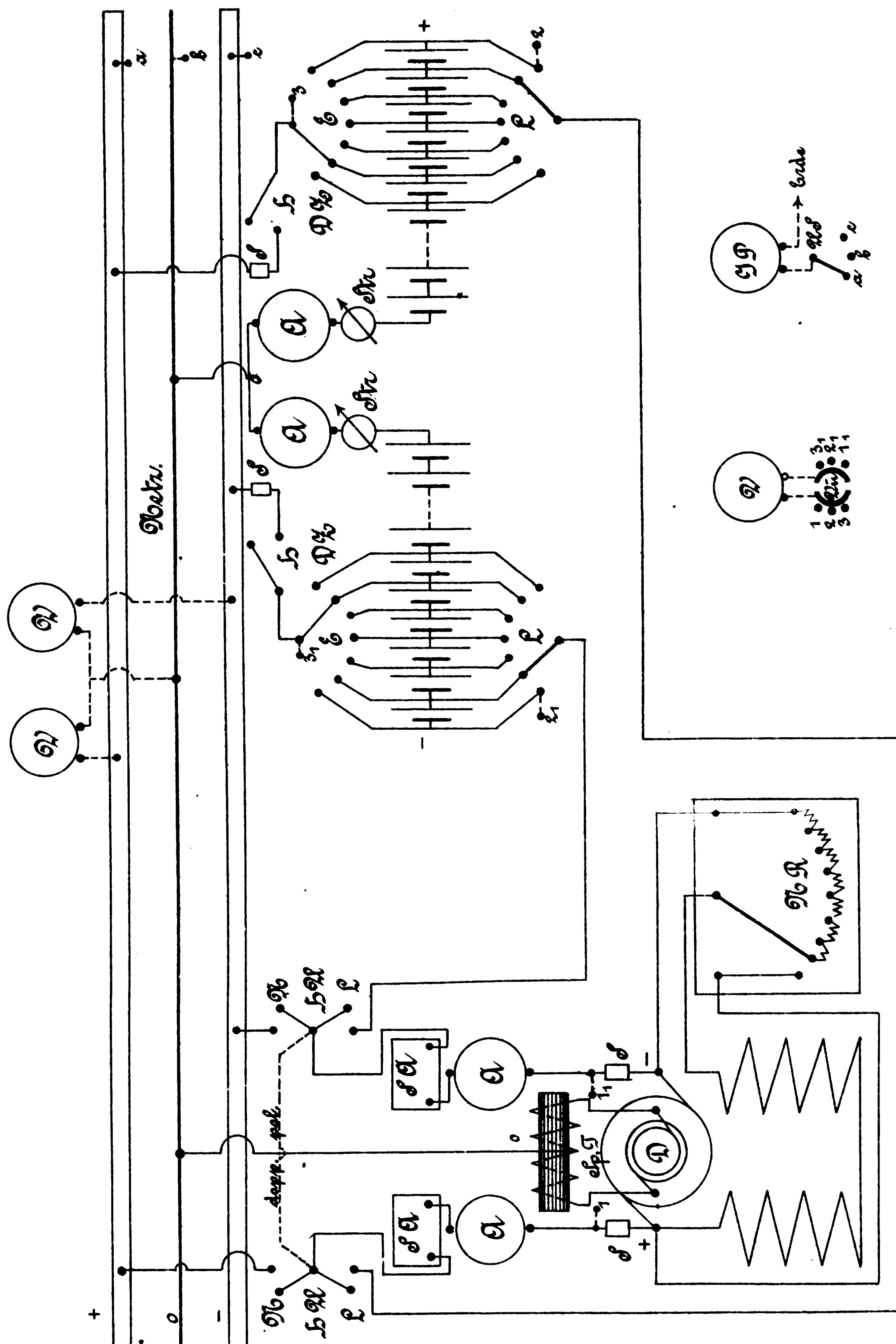
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



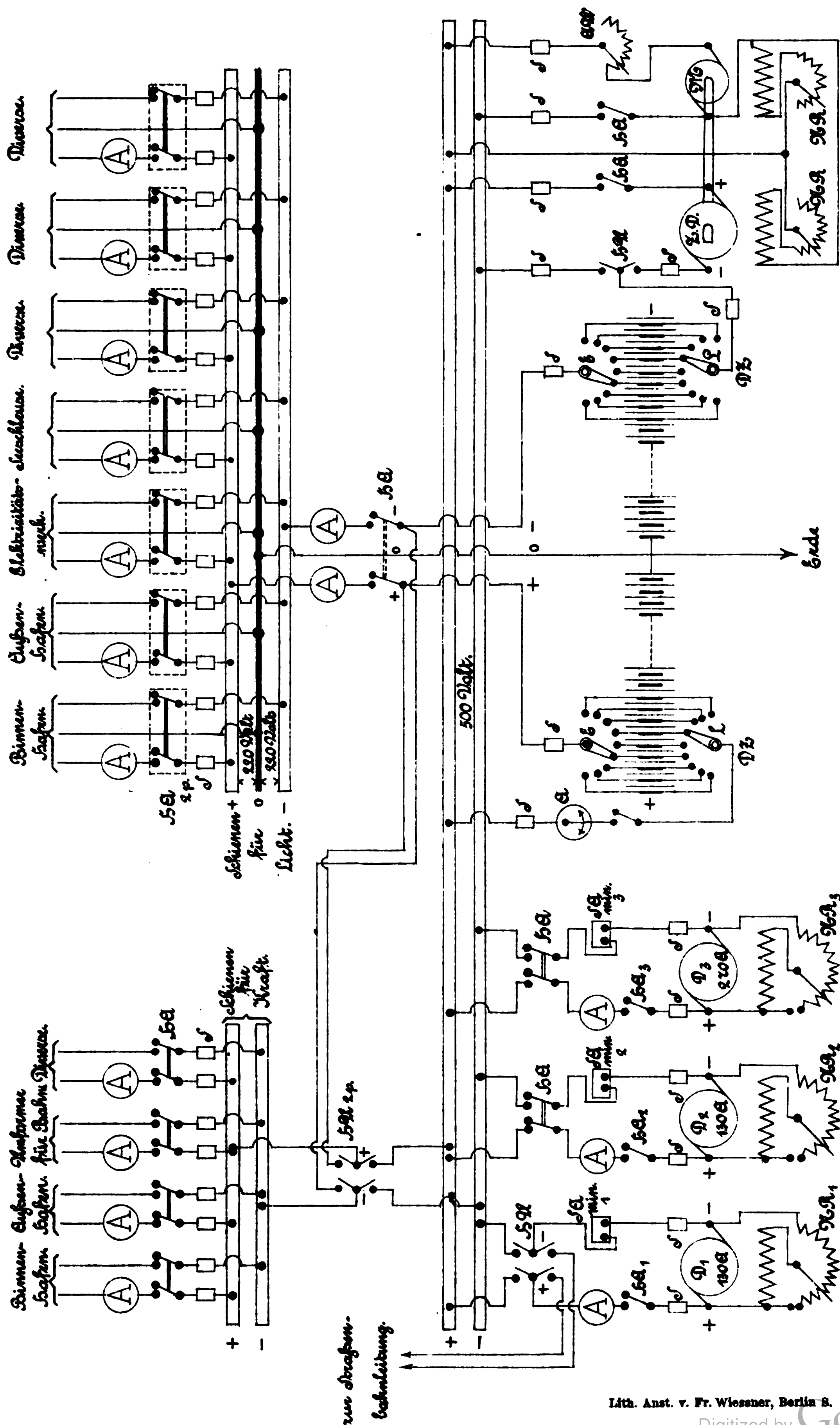
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



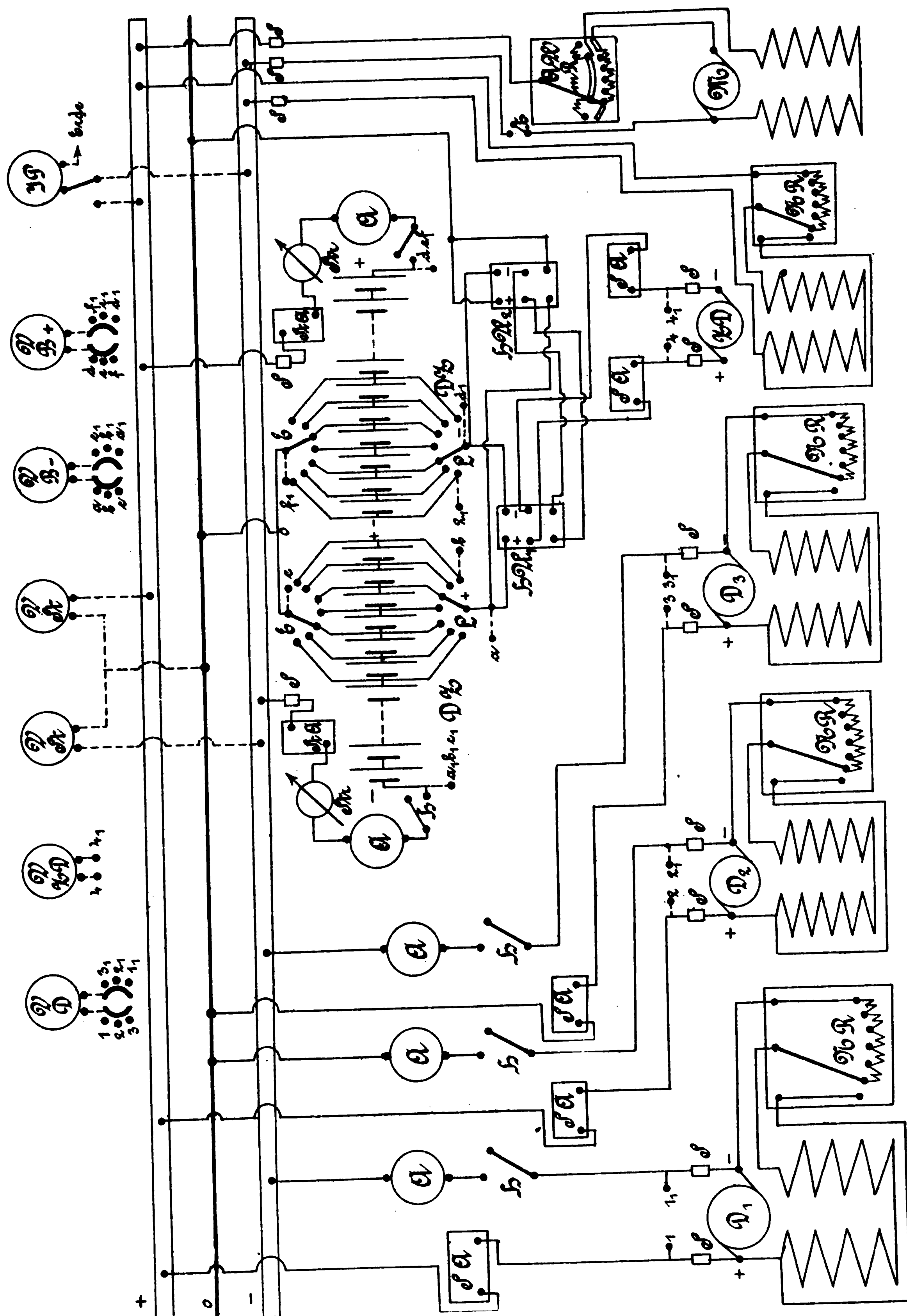
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



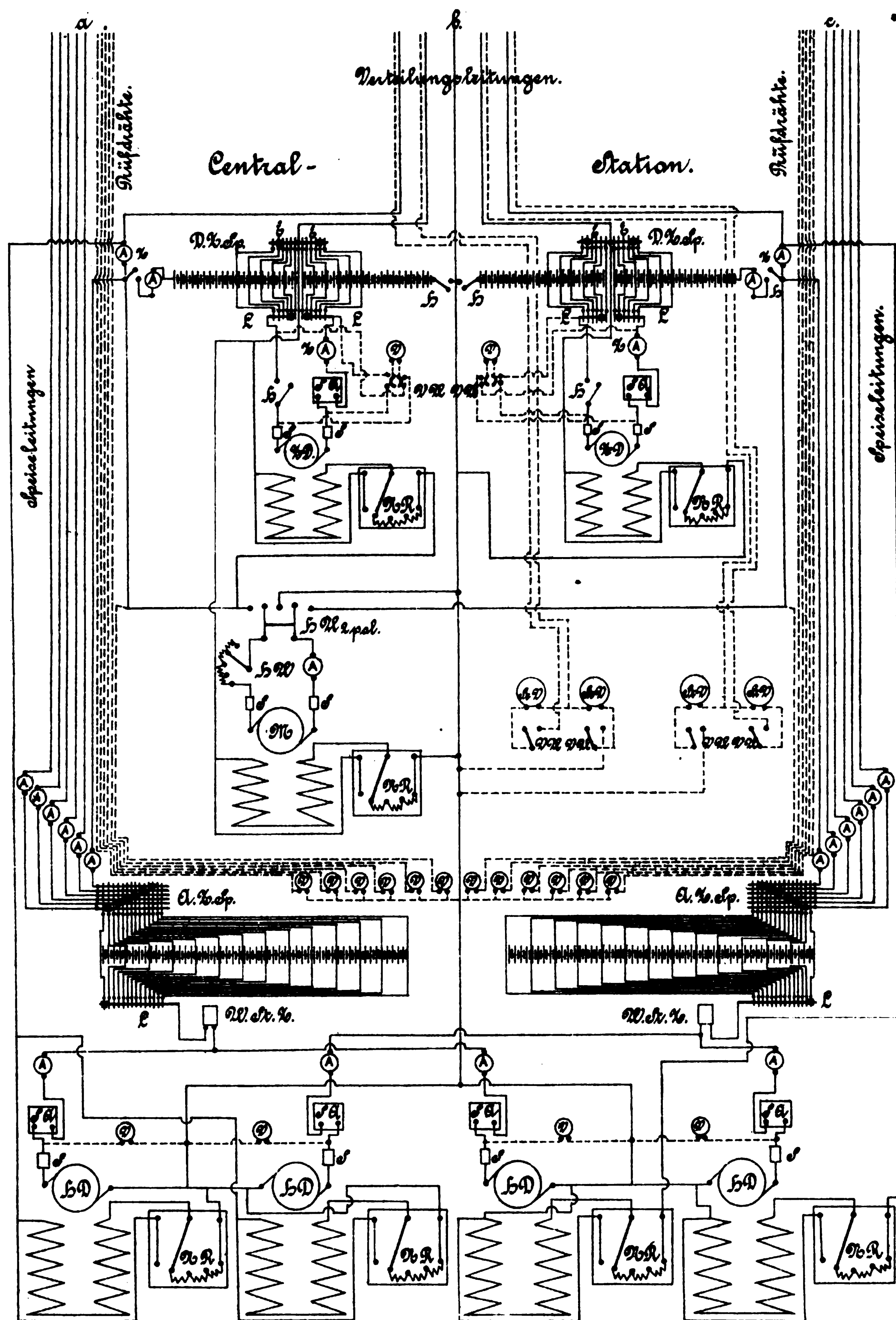
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



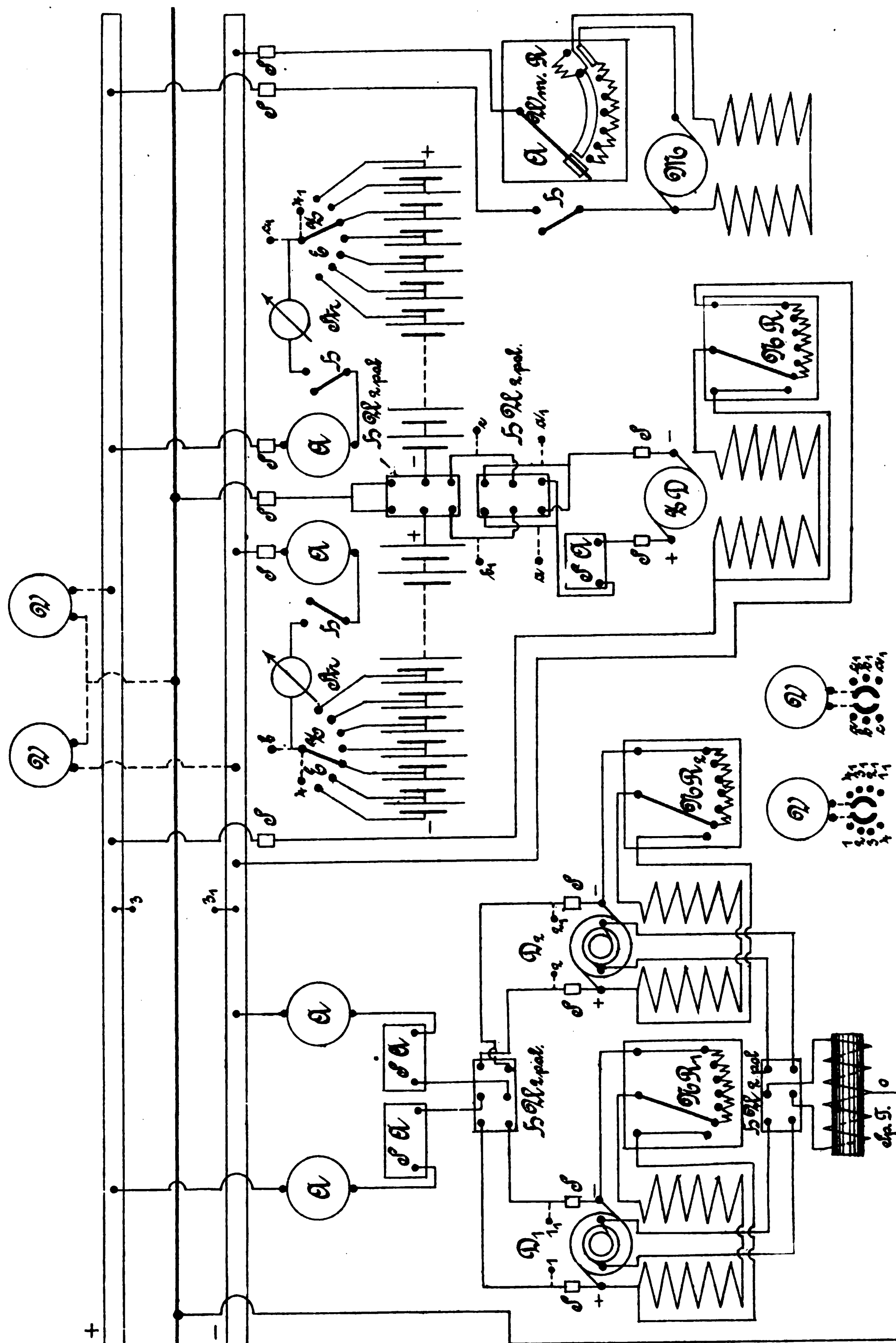
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



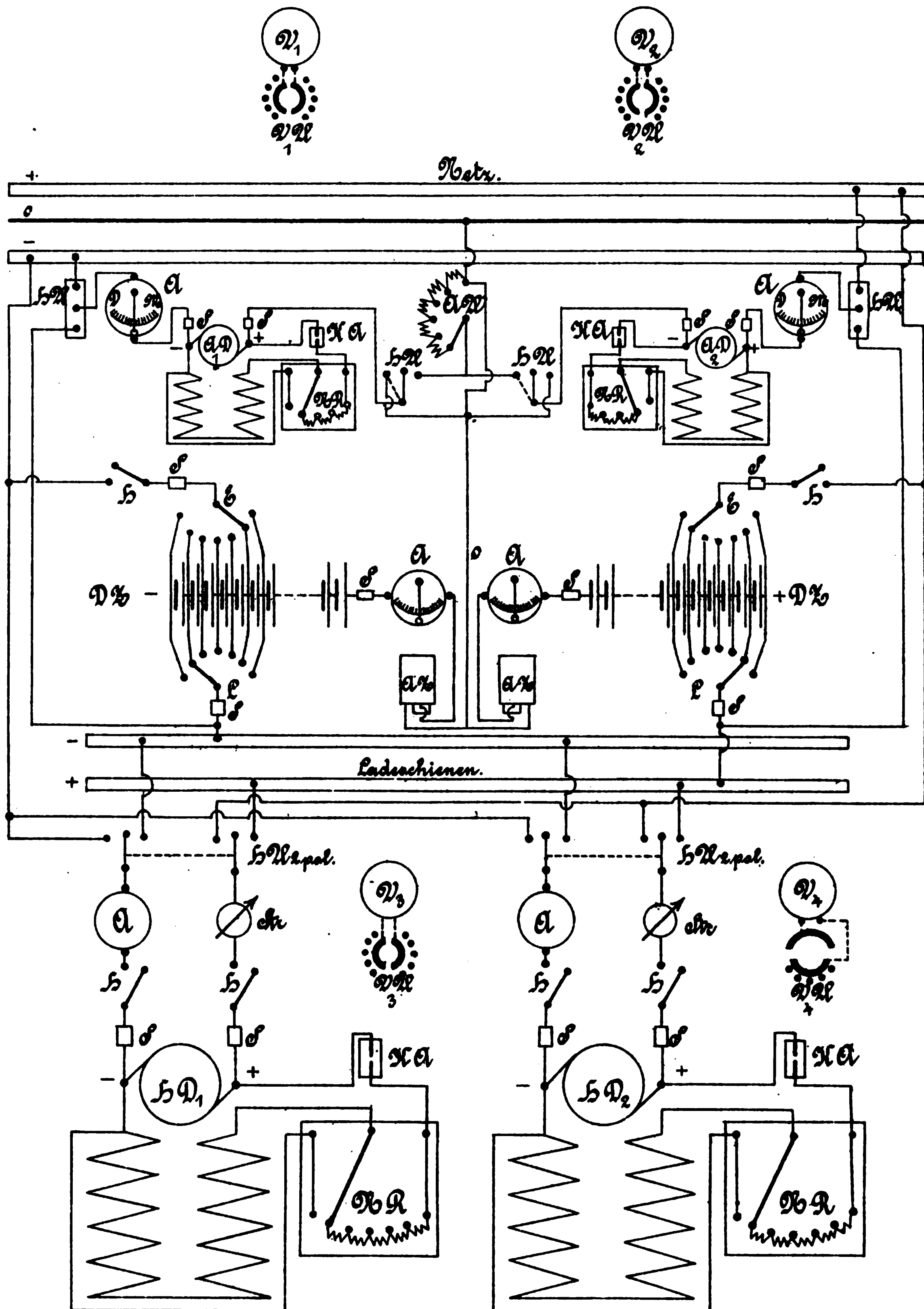
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



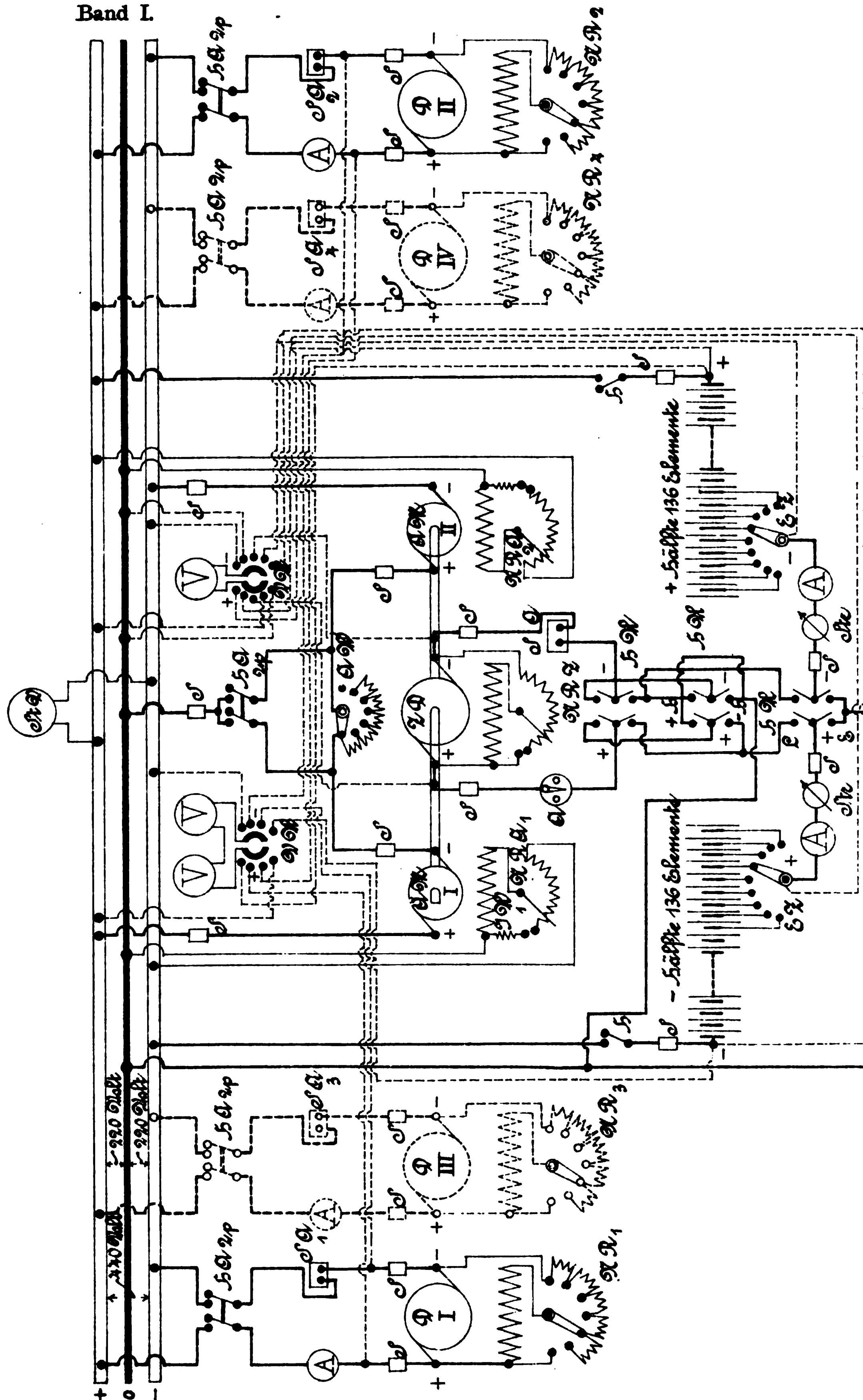
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



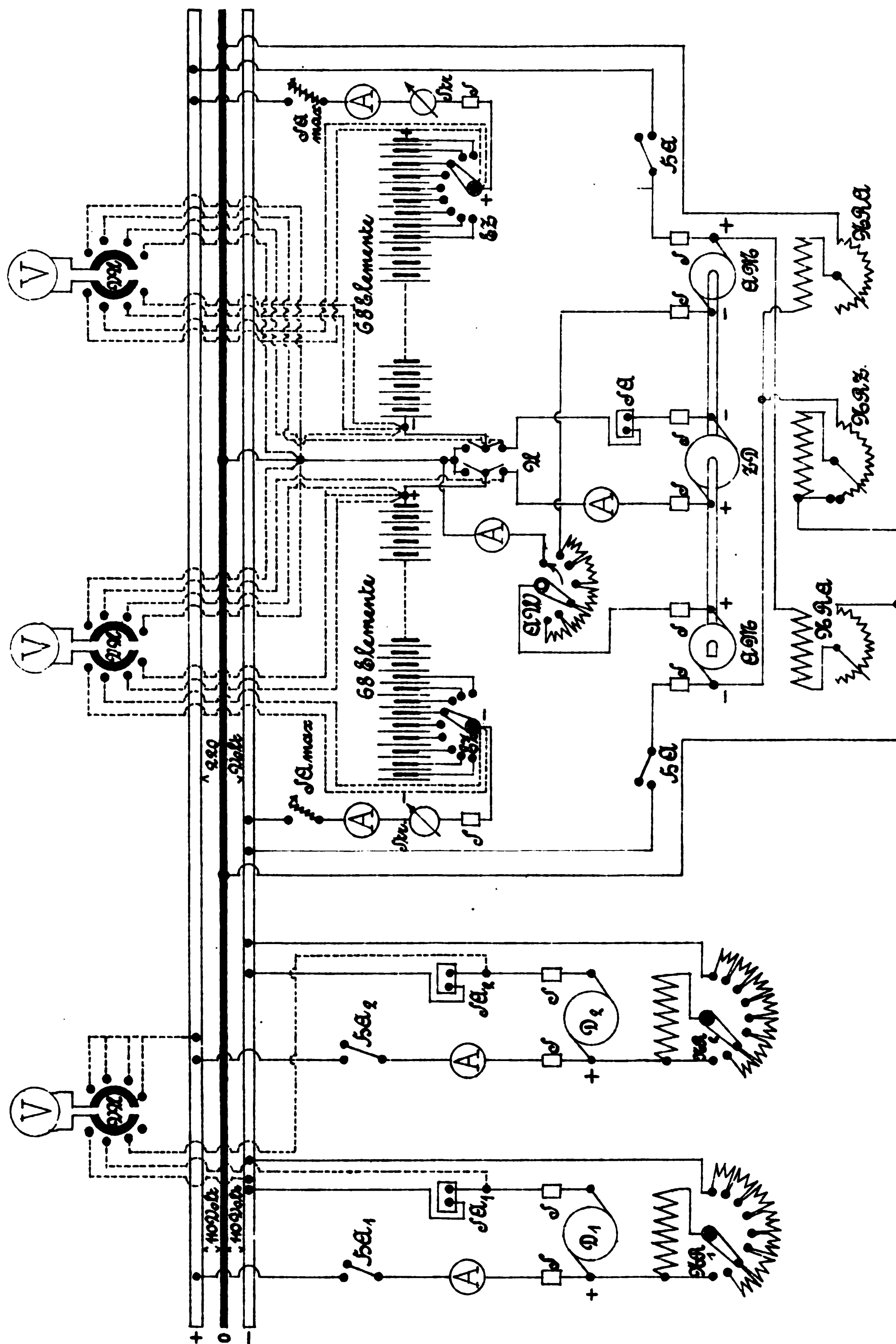
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



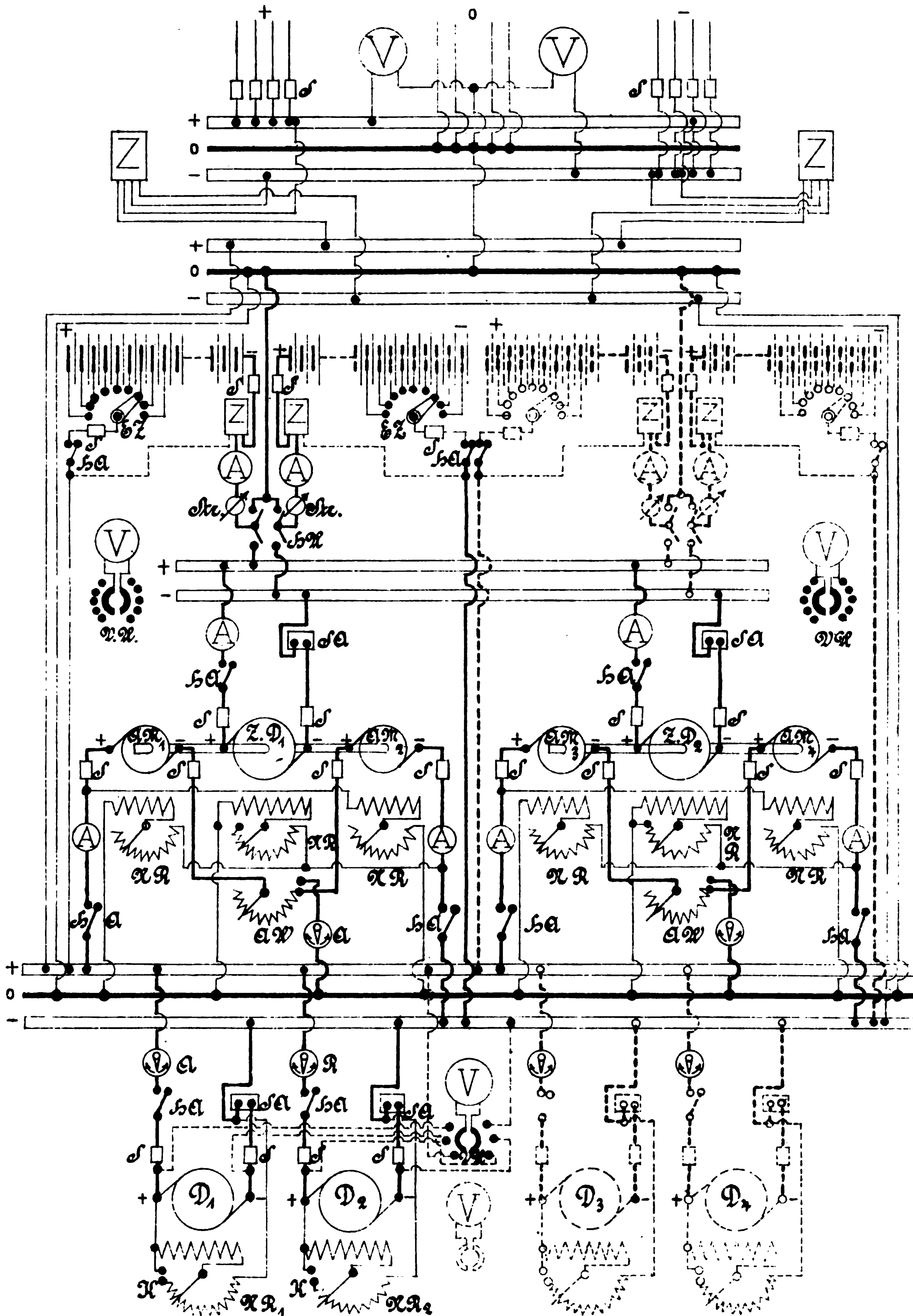
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



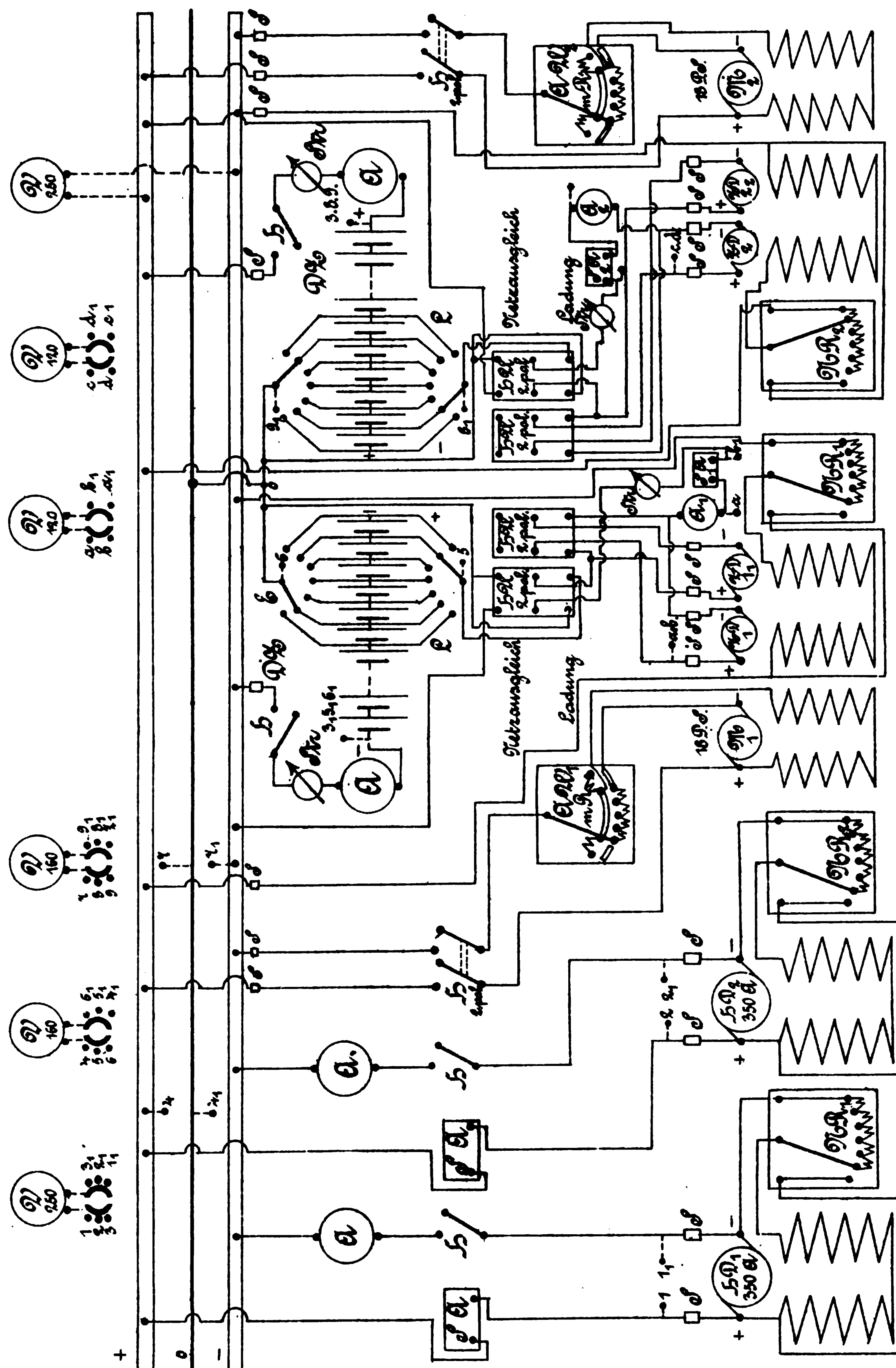
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



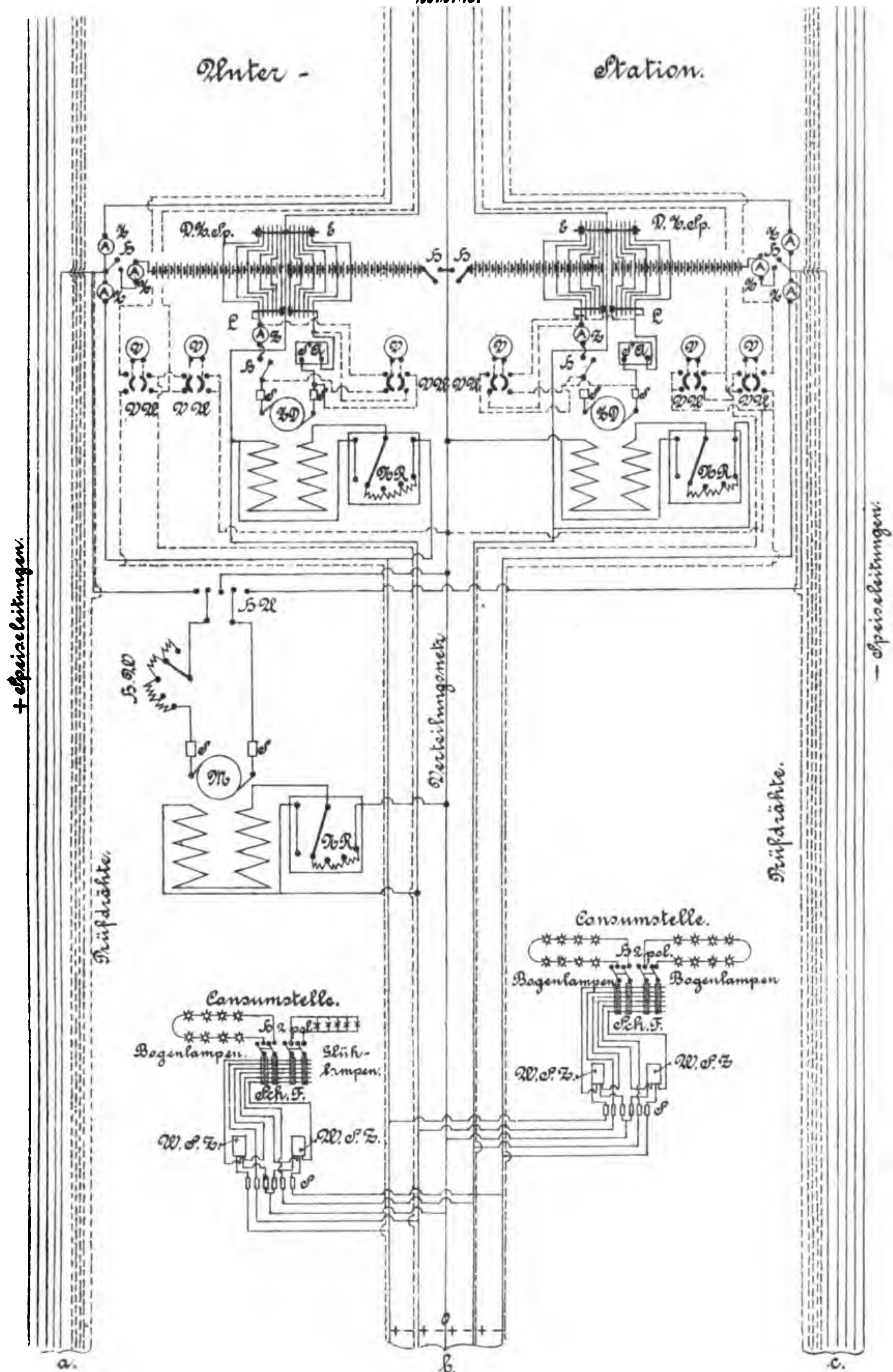
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

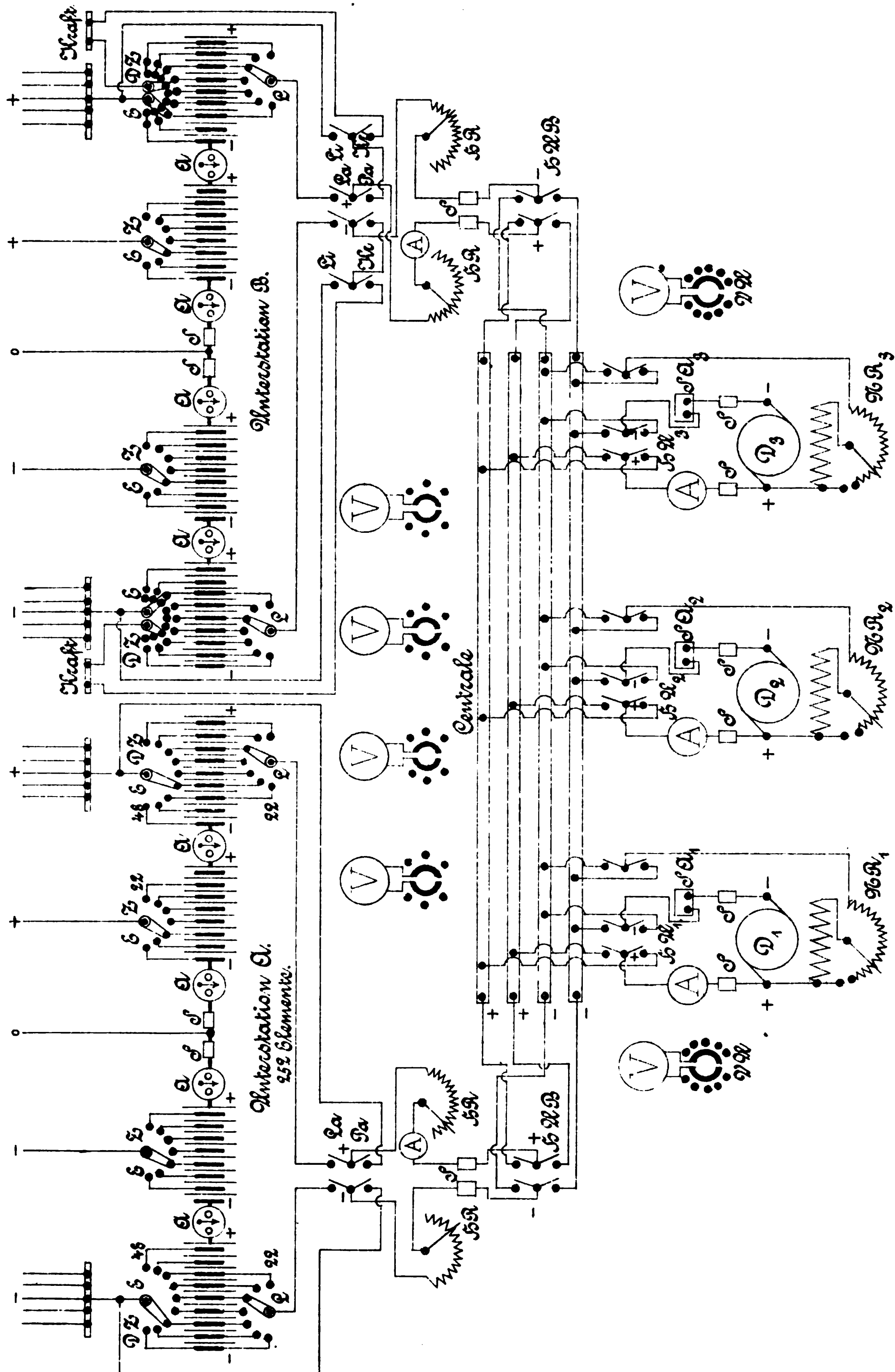


Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

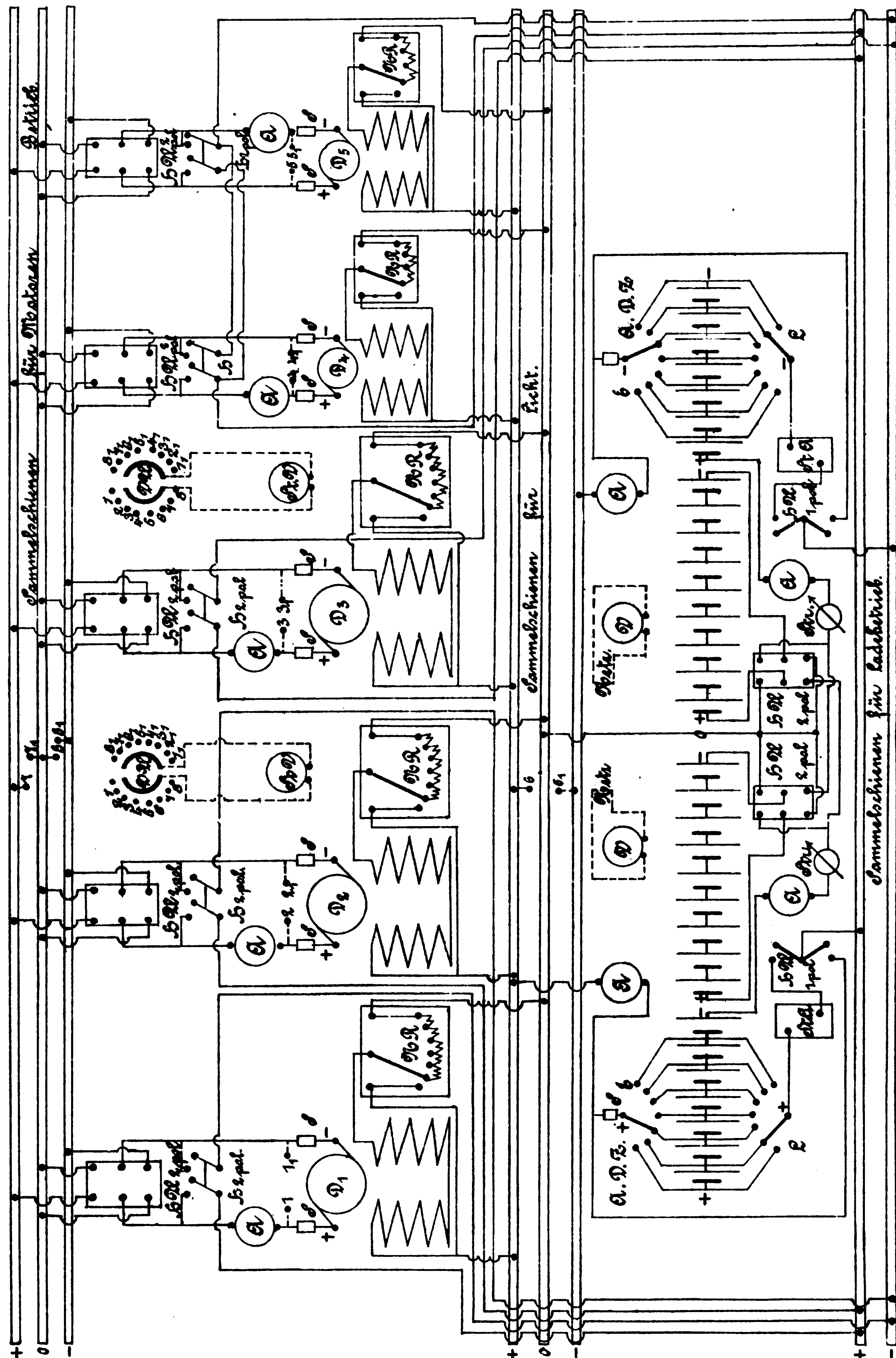


Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



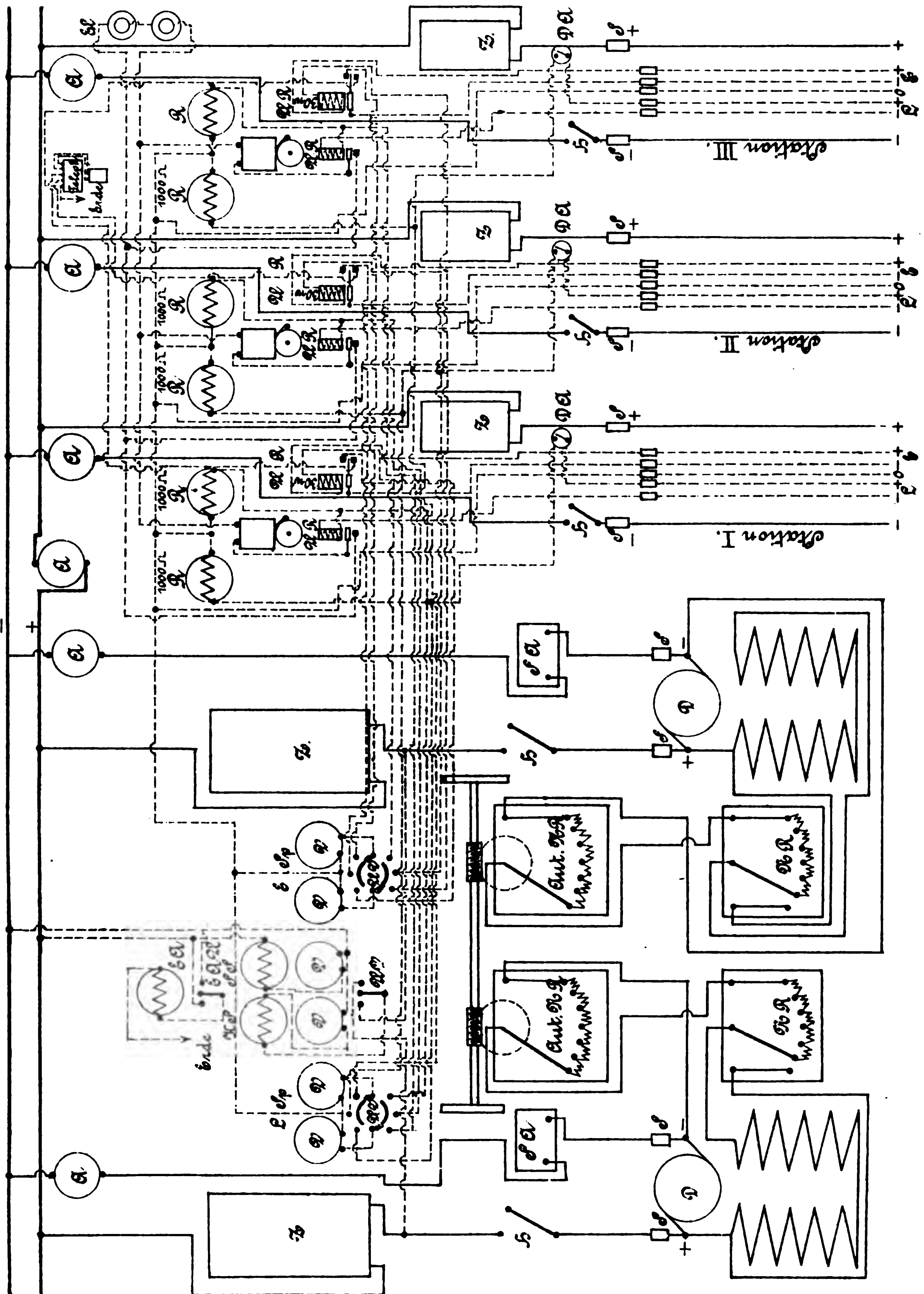
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



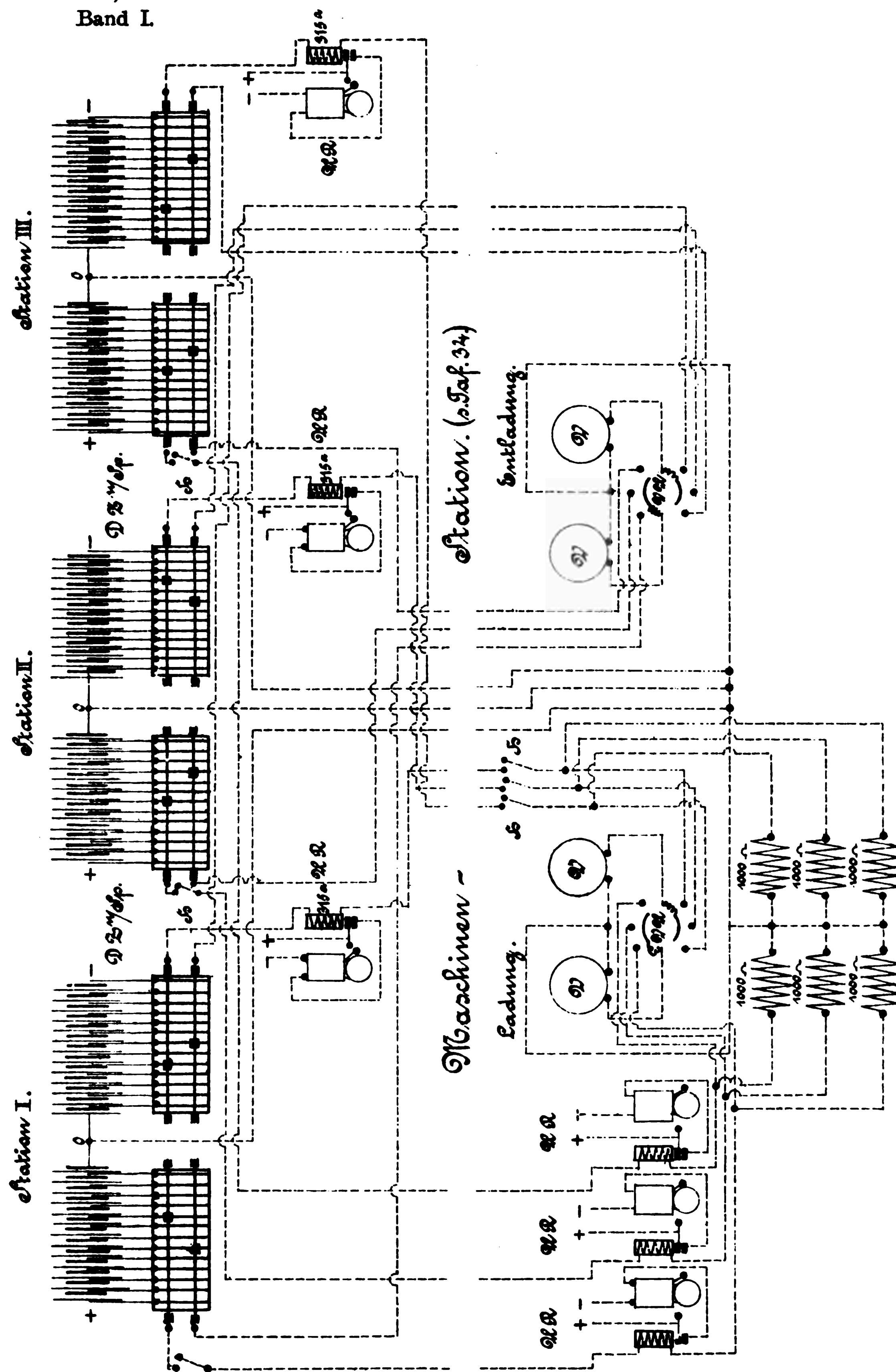
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



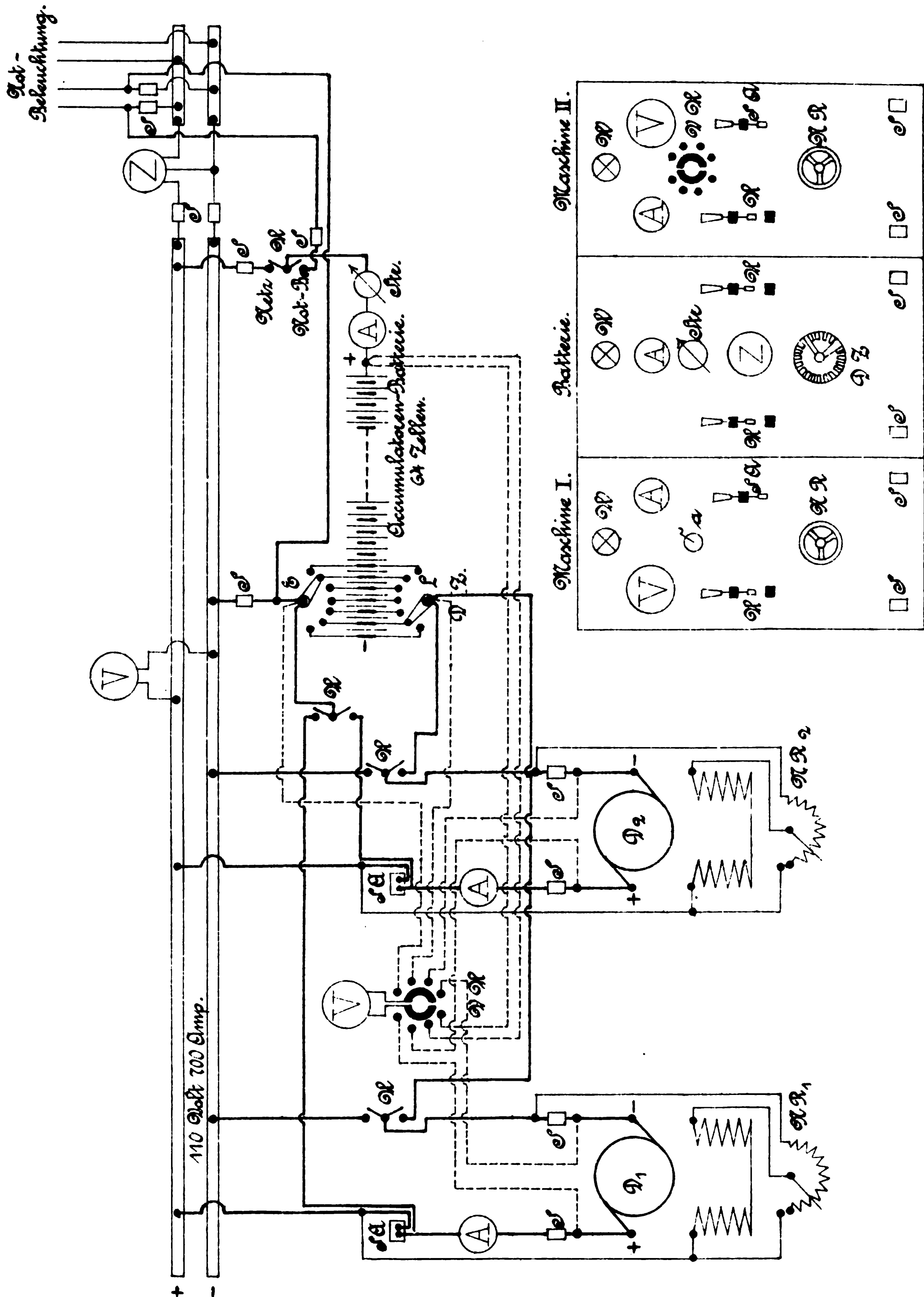
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



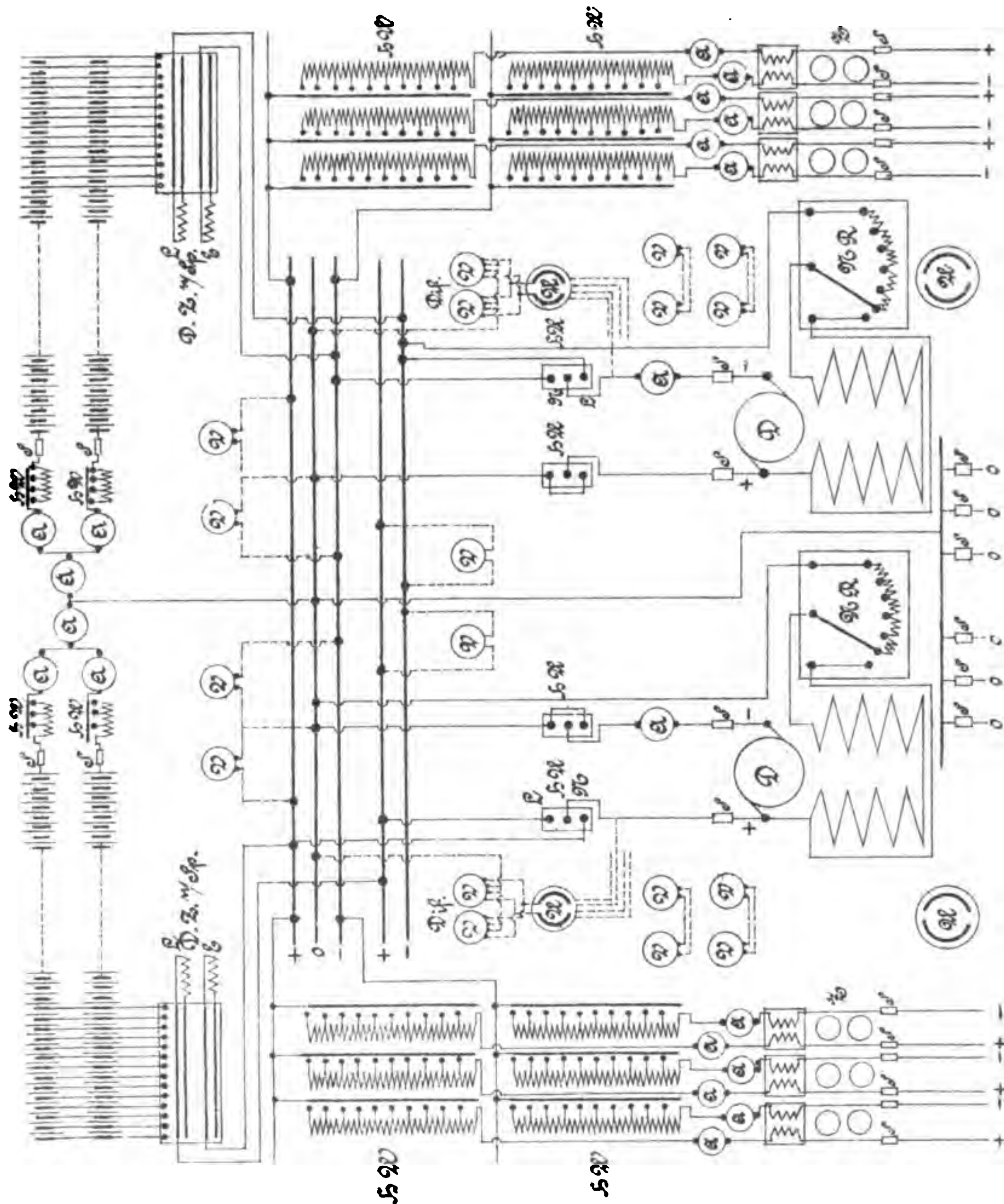
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



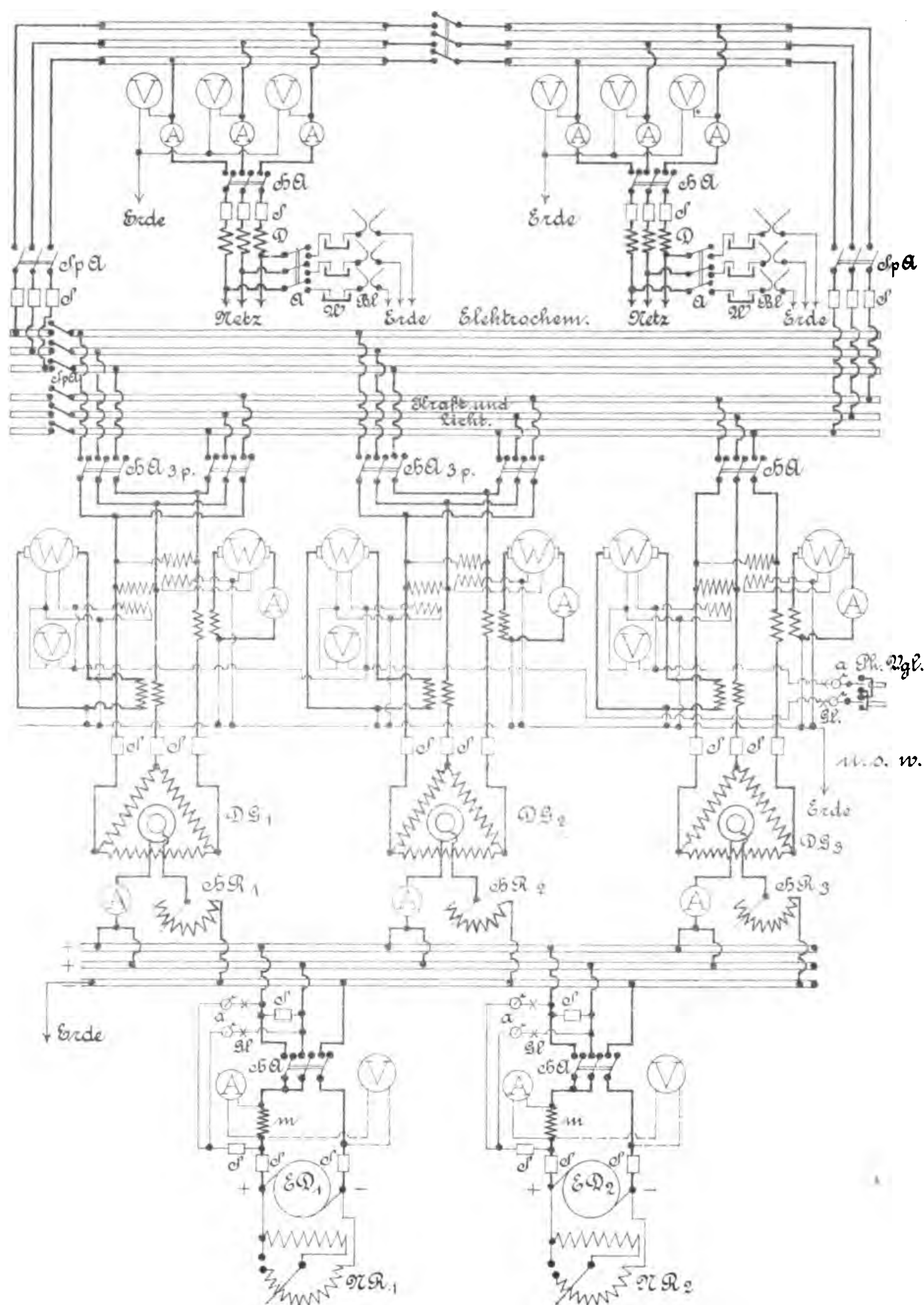
Lith. Anst v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



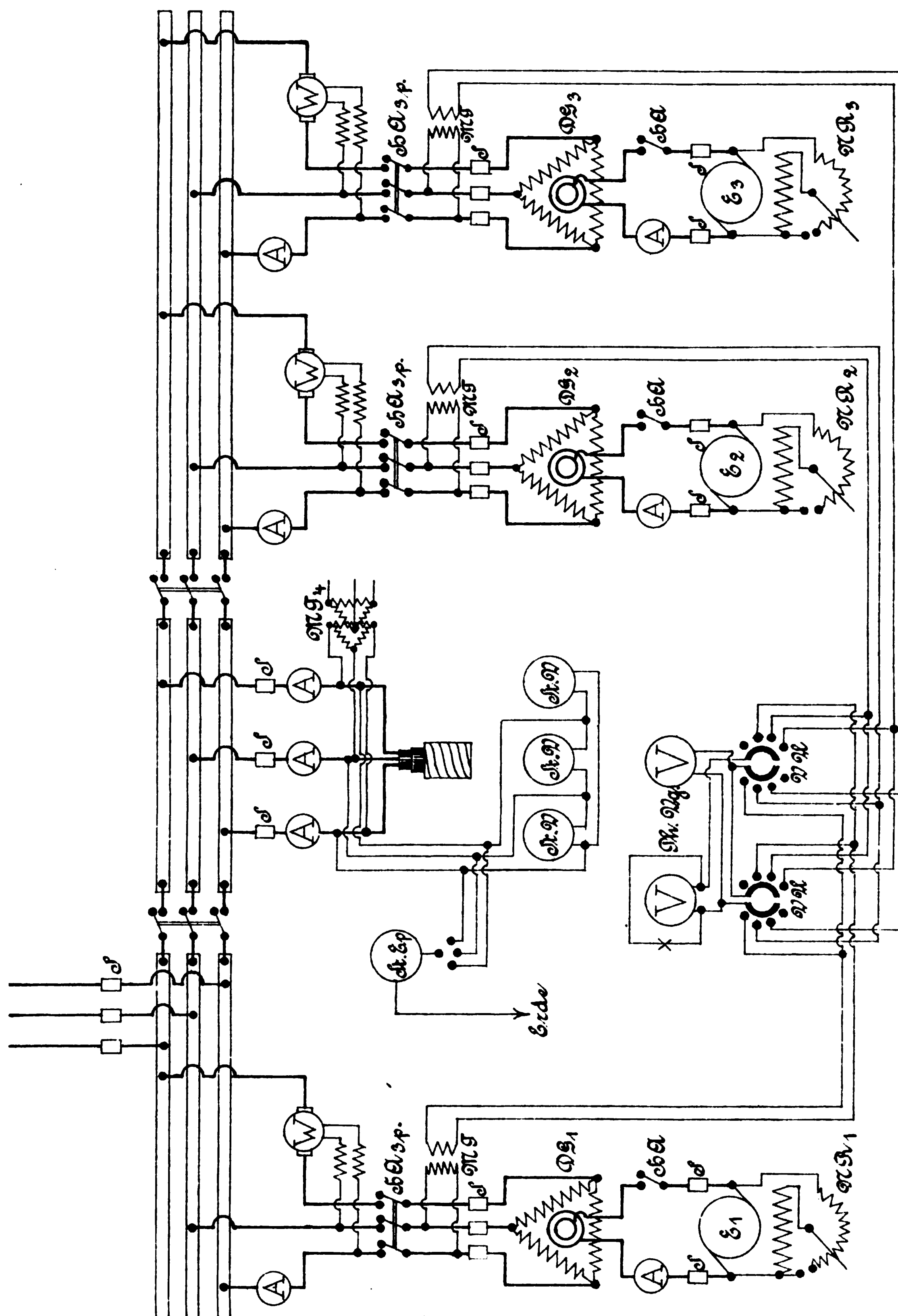
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



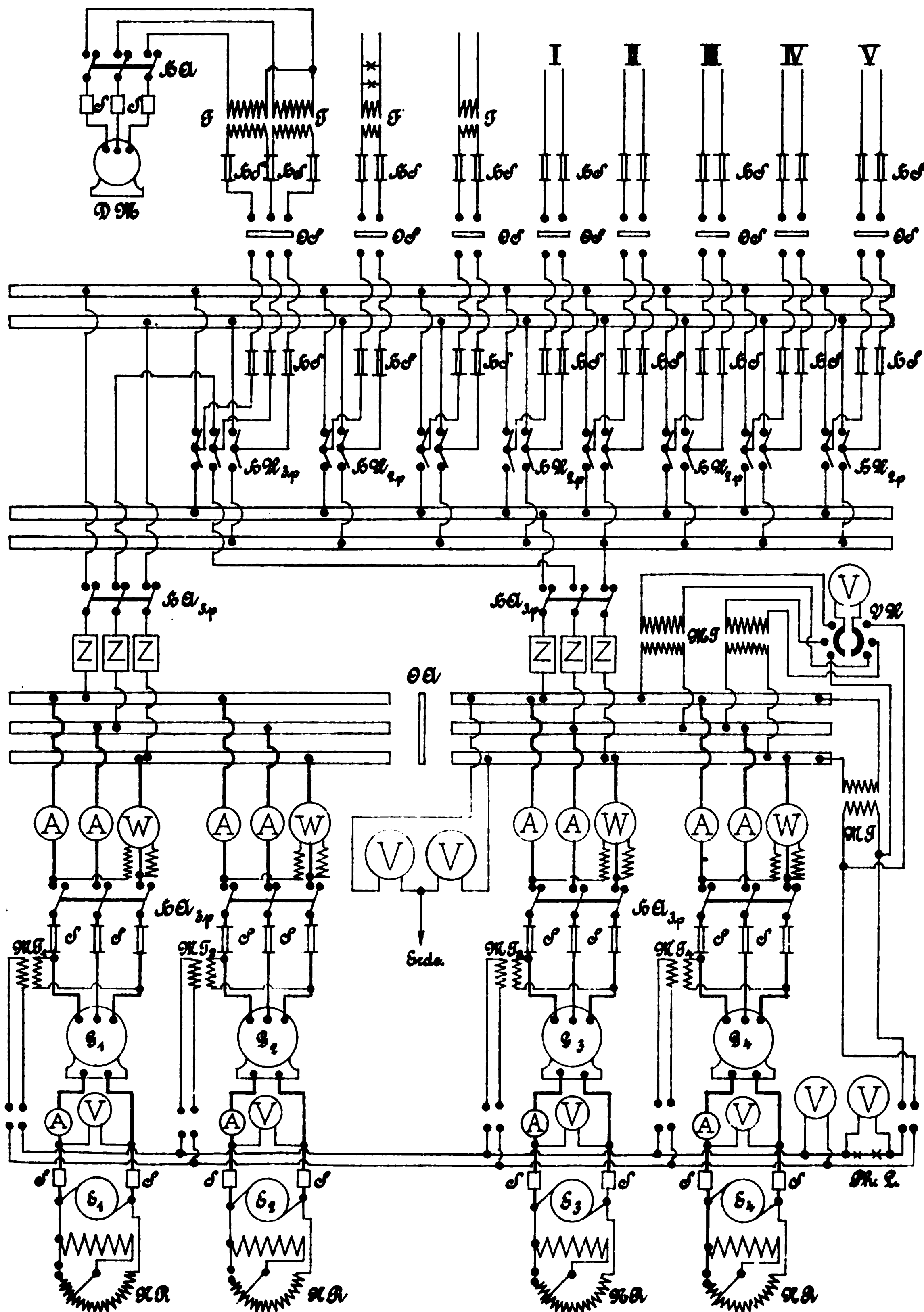
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



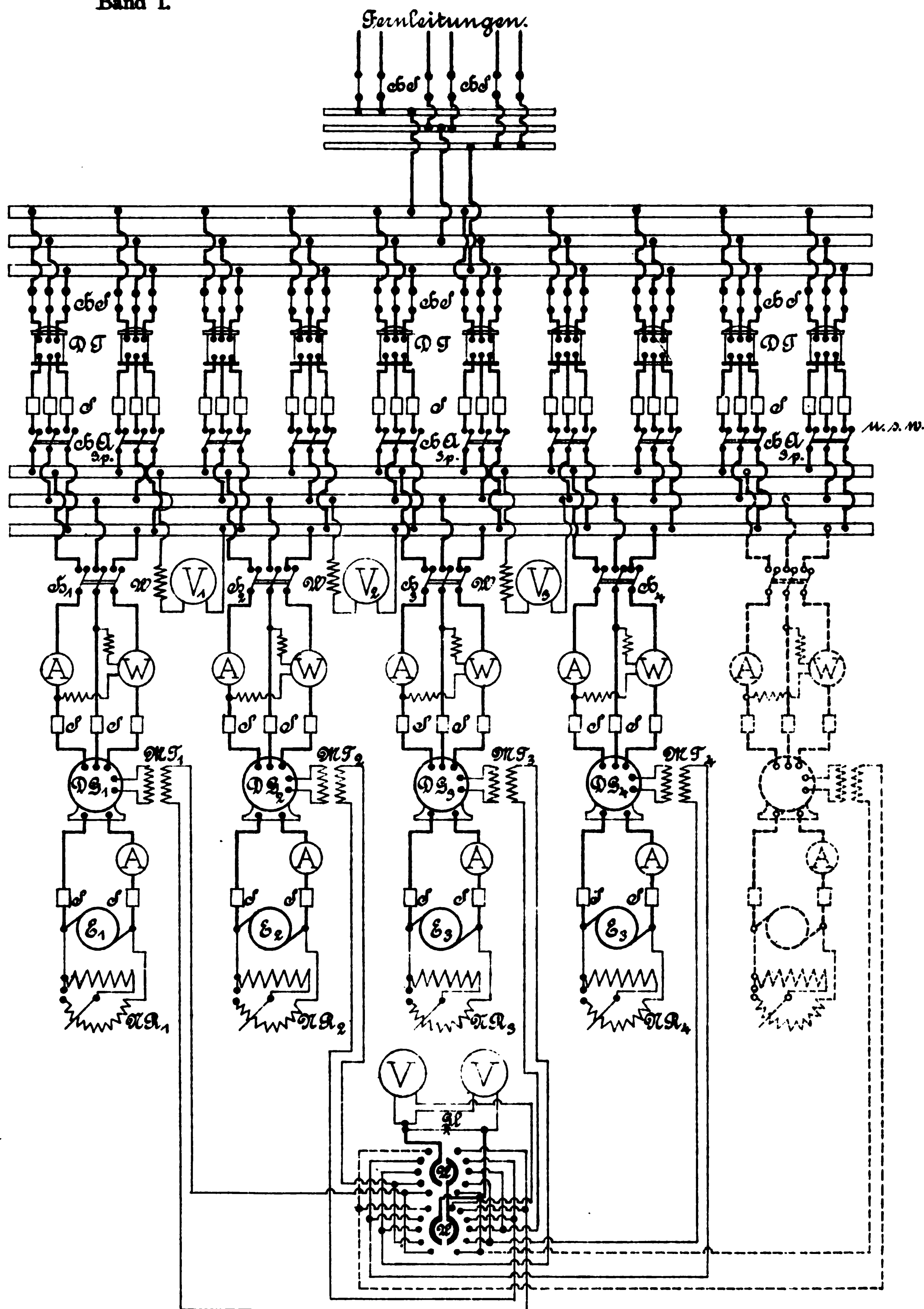
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

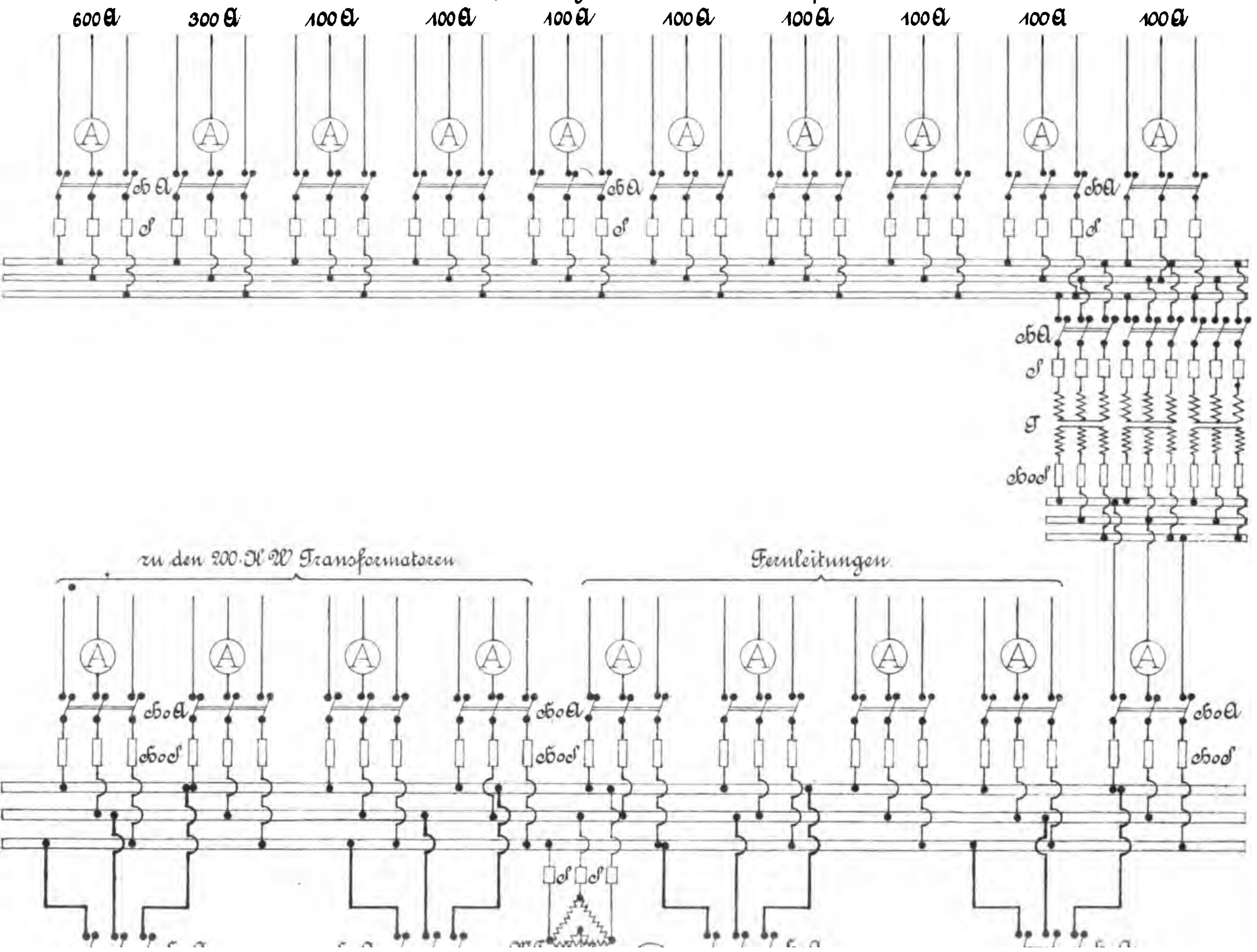
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



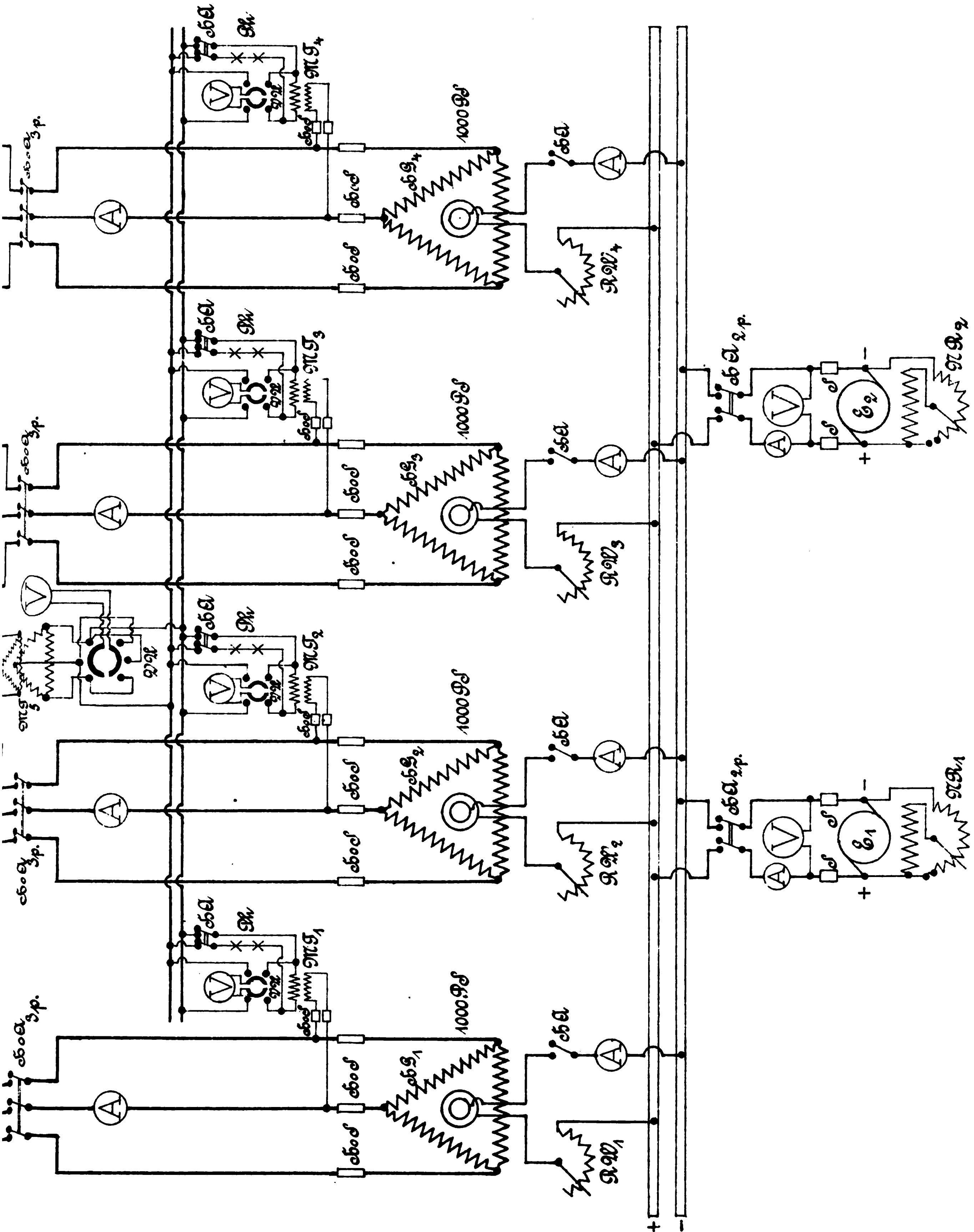
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Hirschfeld, Handbuch.
Band I.

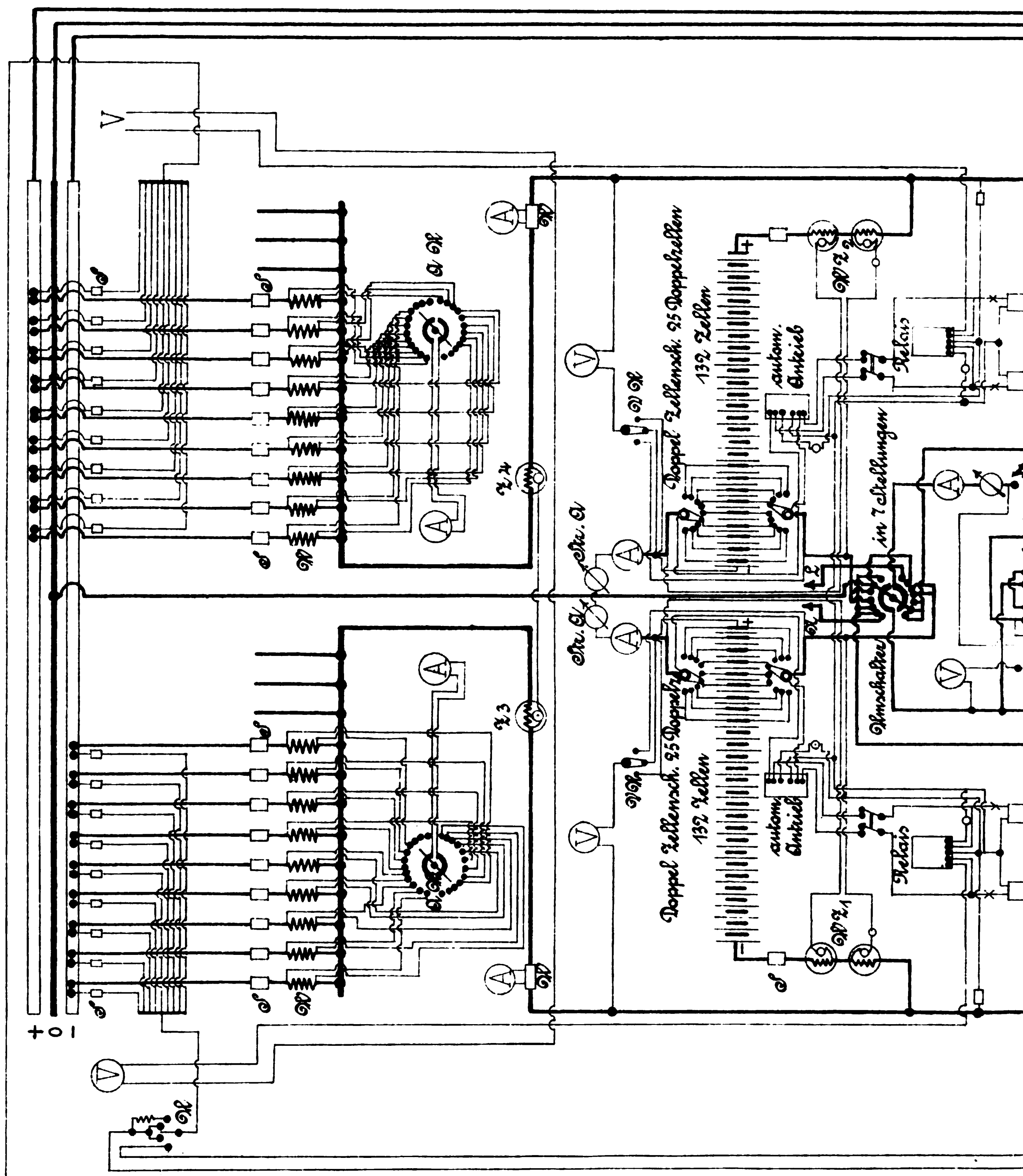


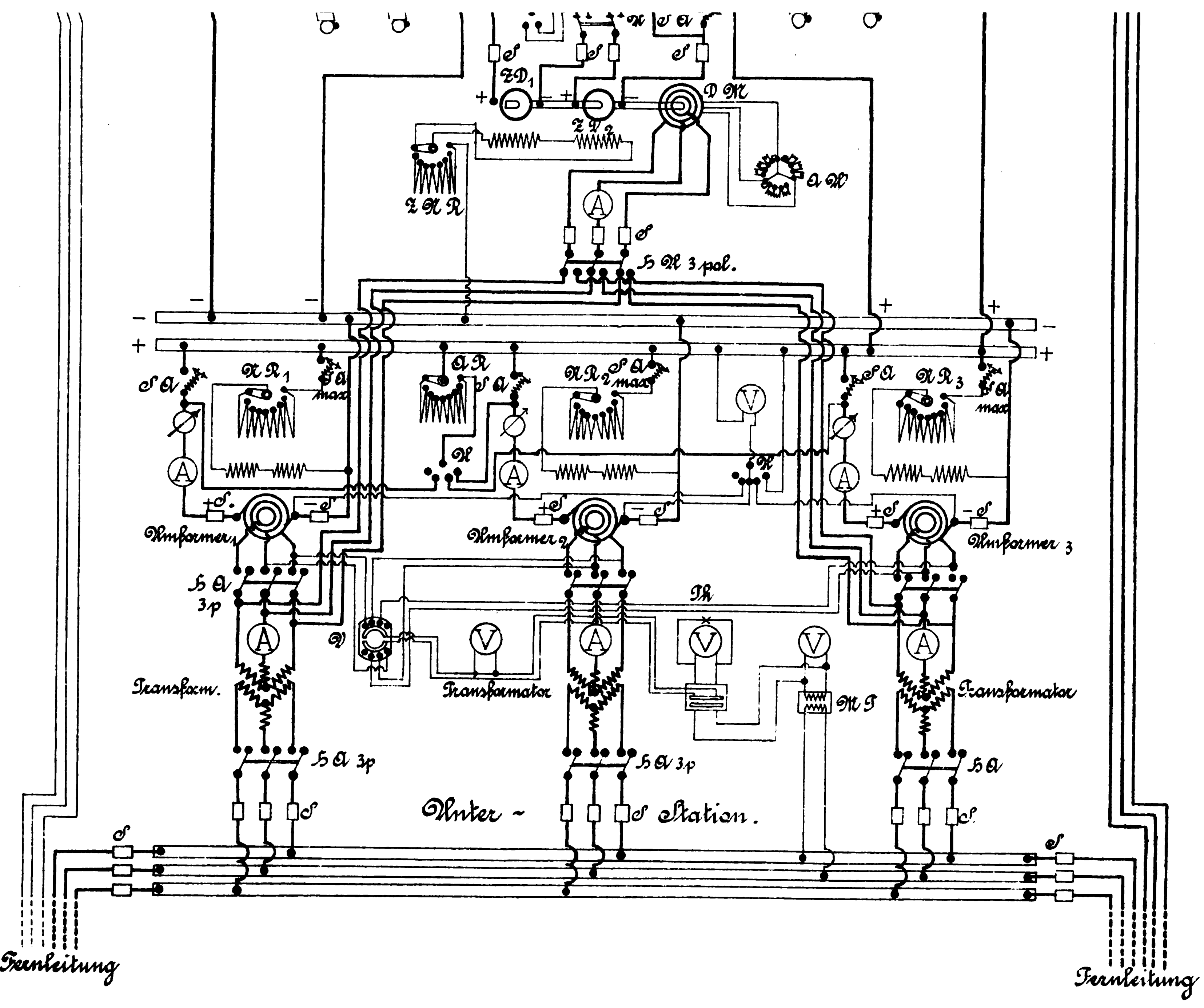
Verlag von Louis Marcus Ve



Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

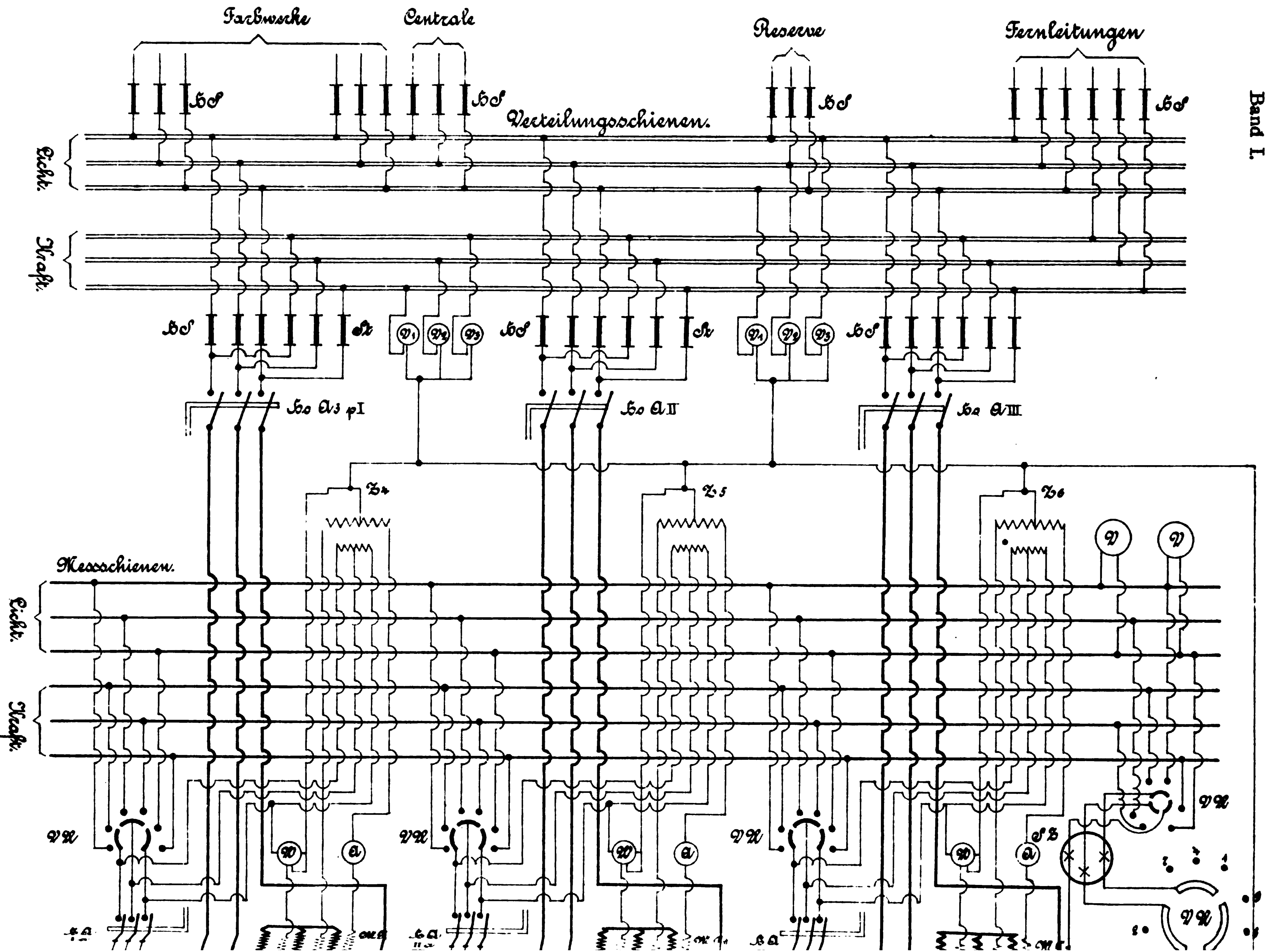
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.


V
A
V
Doppel Zellensch. 25 Doppelzellen
132 Zellen
autom. Antrieb
Relais
in 7 Stellungen
Umschalter
+ 0 −

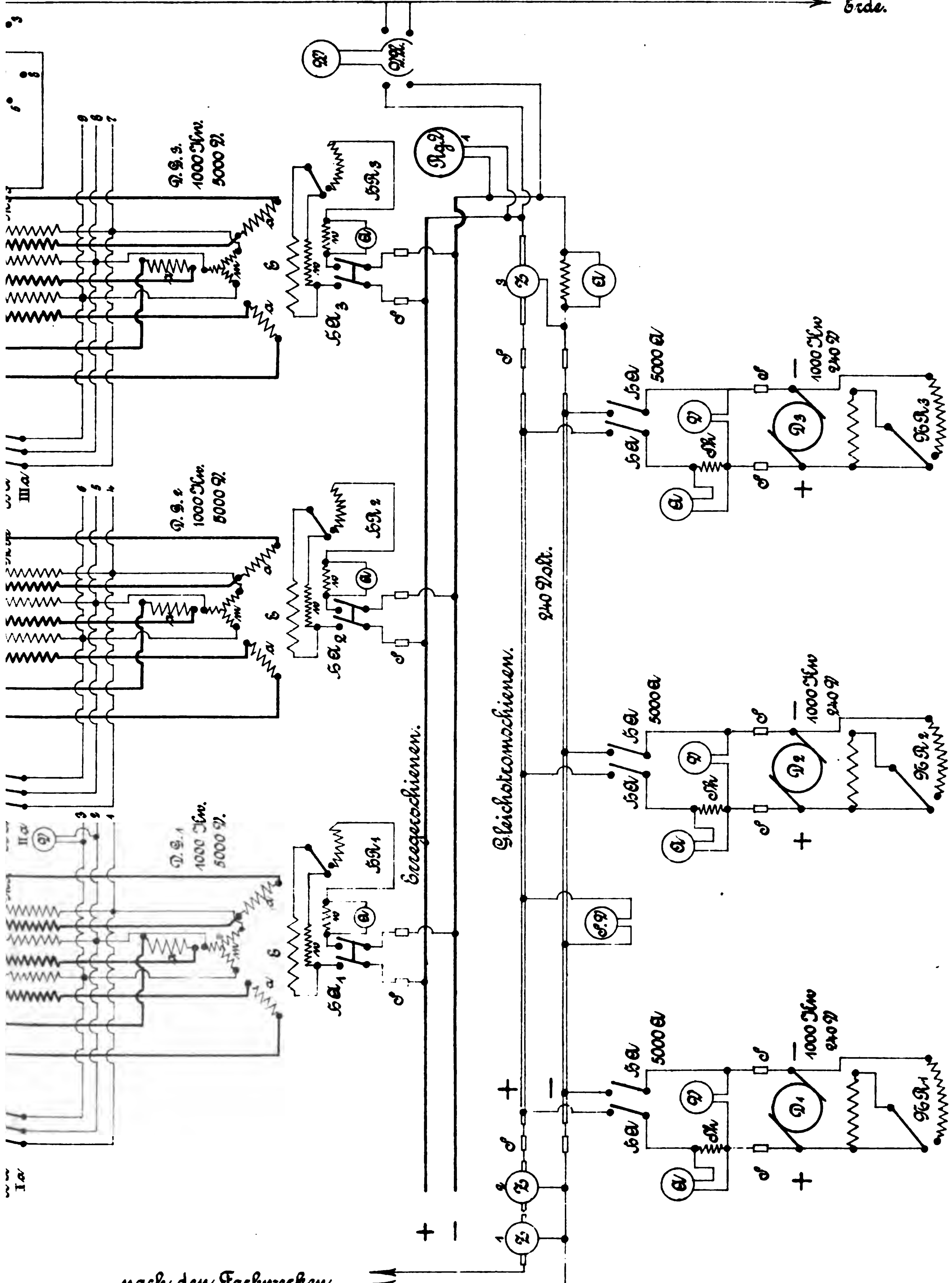


…ngsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

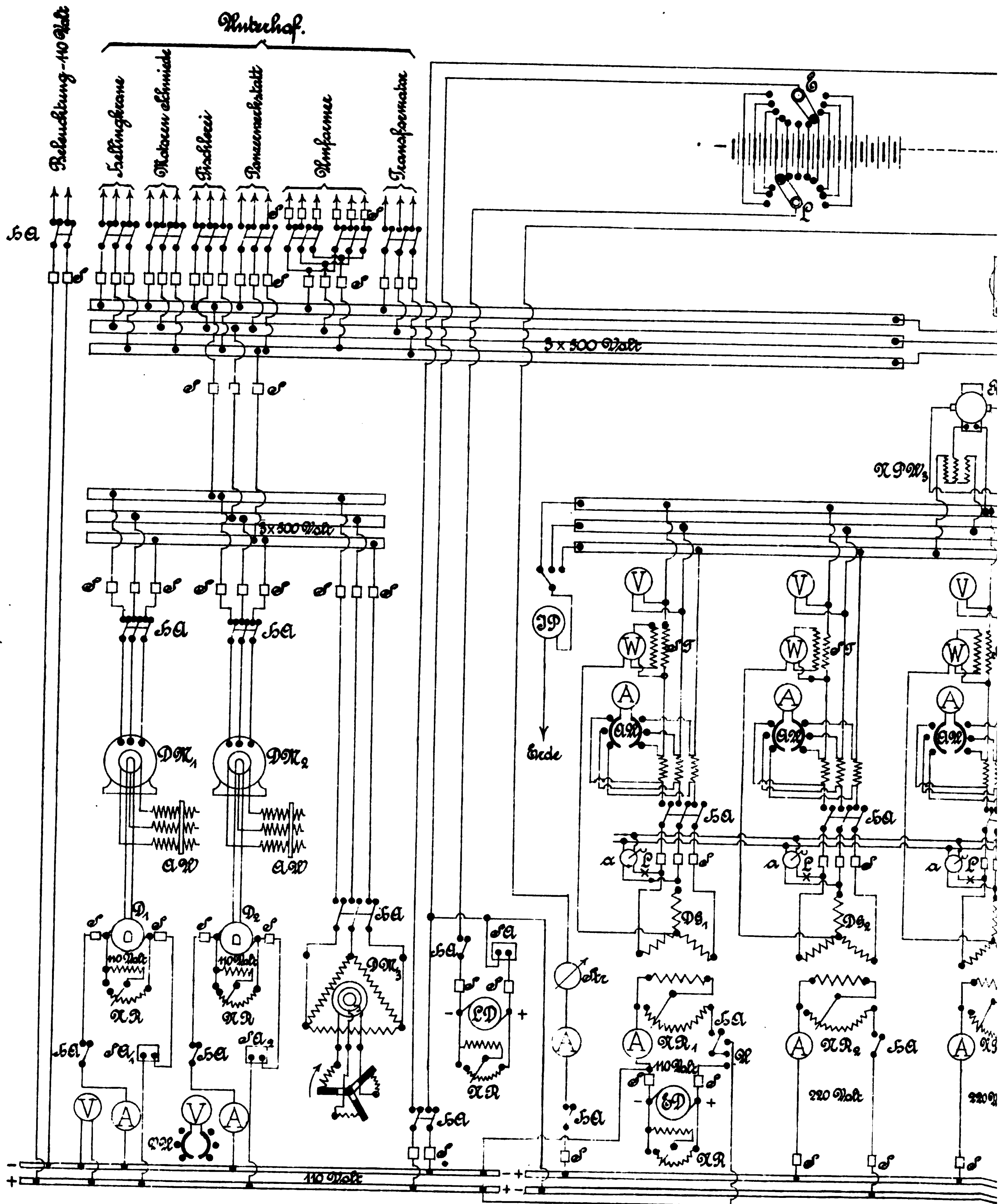


Verlag von Louis Marcus Verlags…

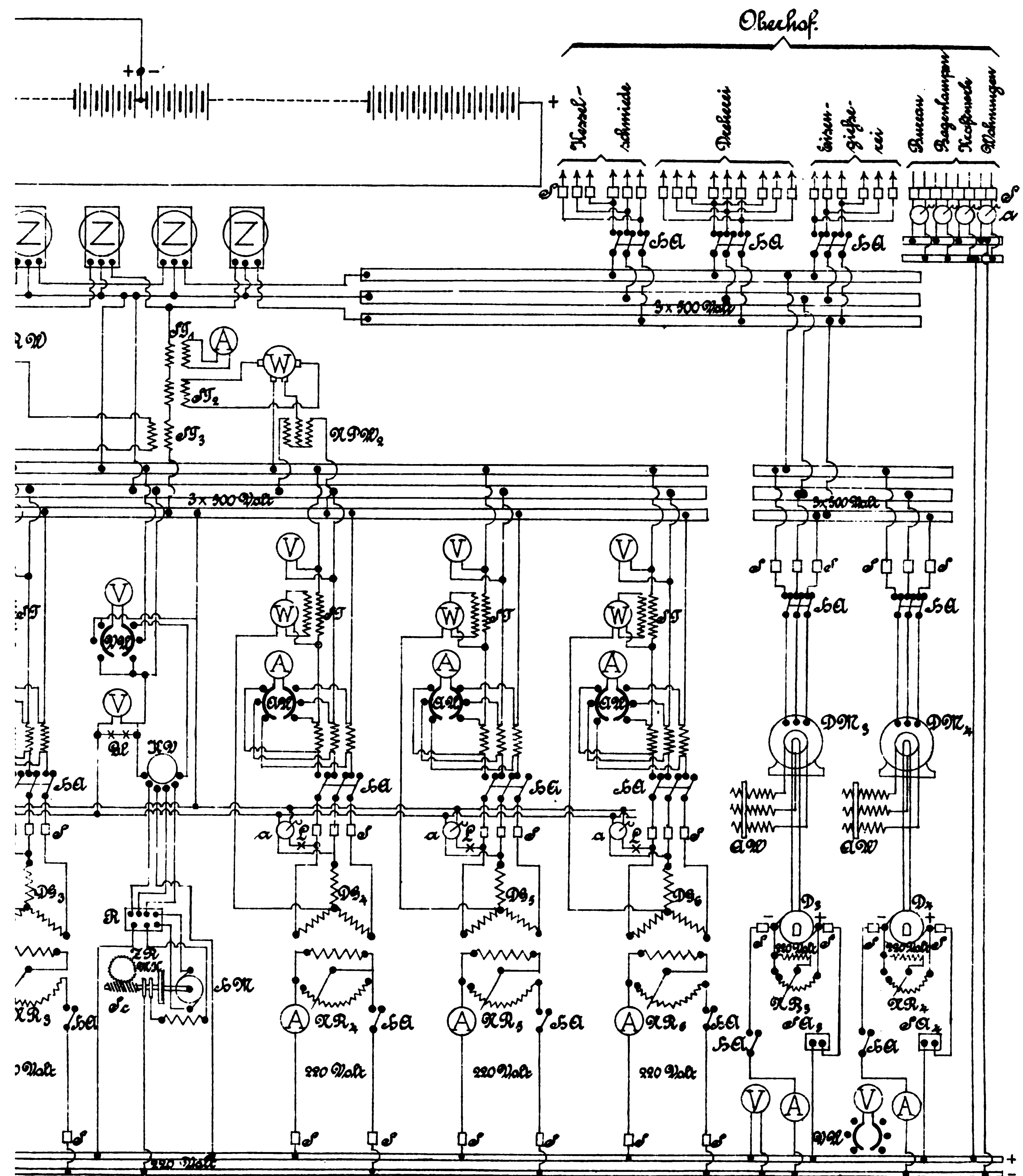


gsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

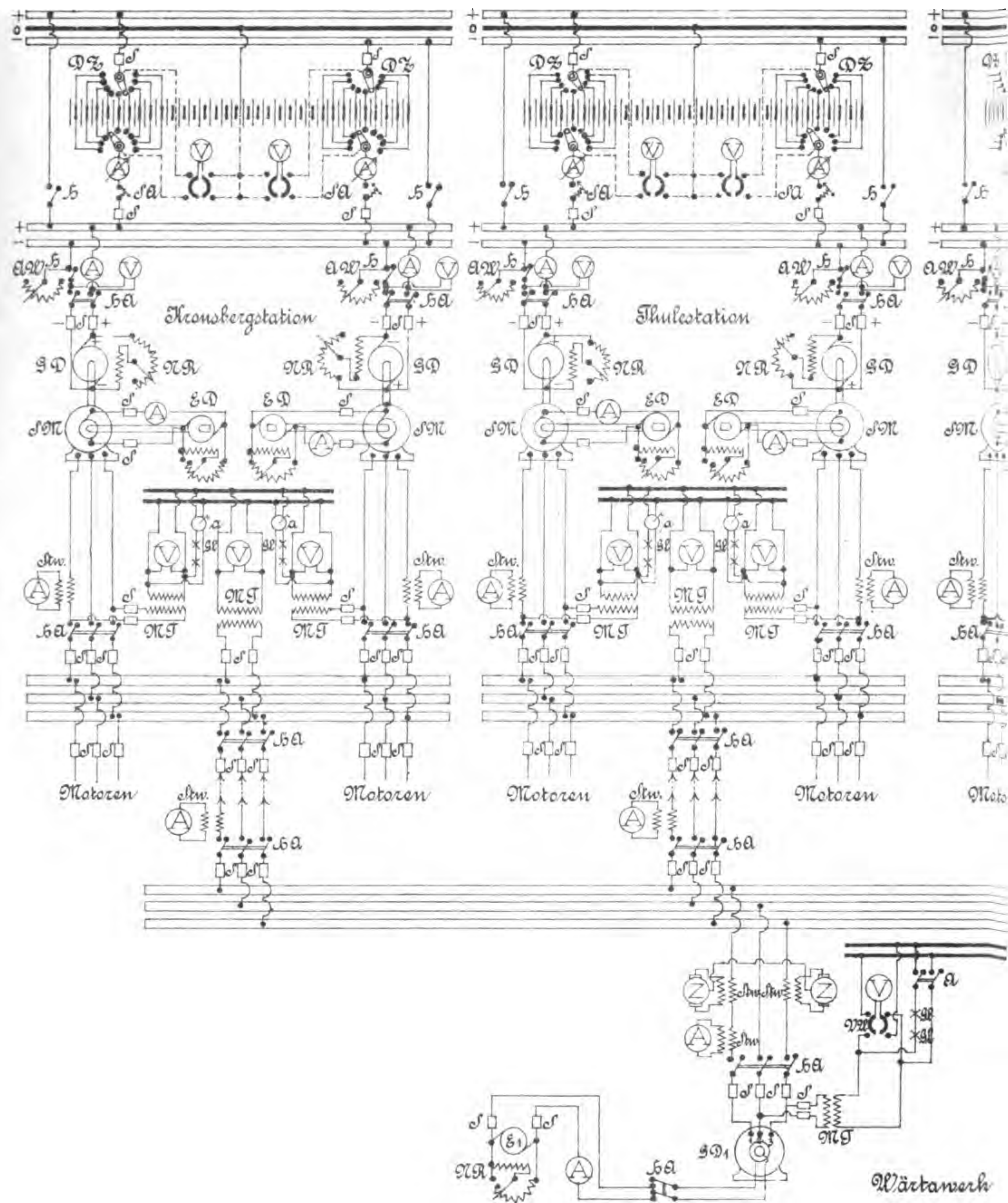


Verlag von Louis Marcus Verlagsbu

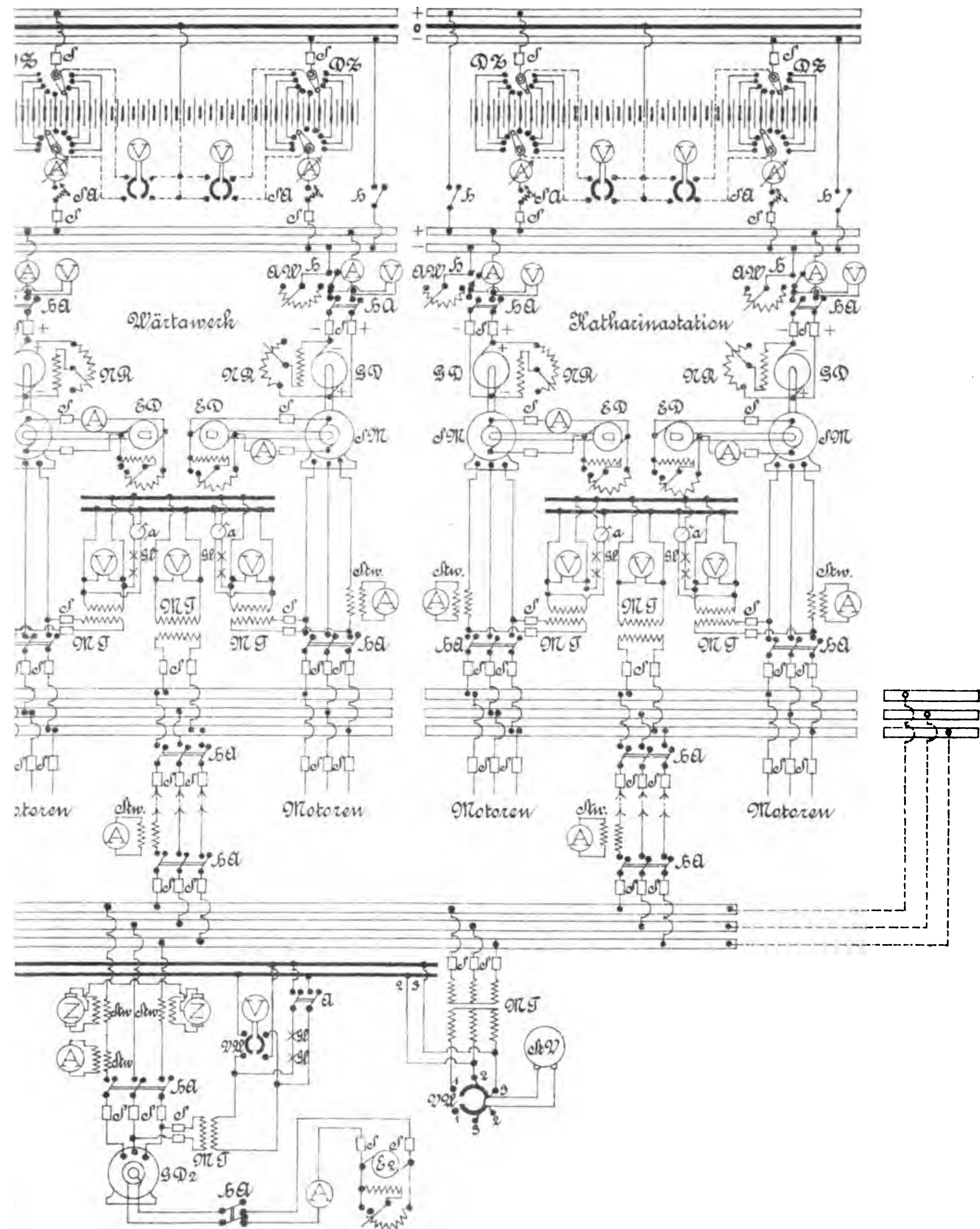


…rsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

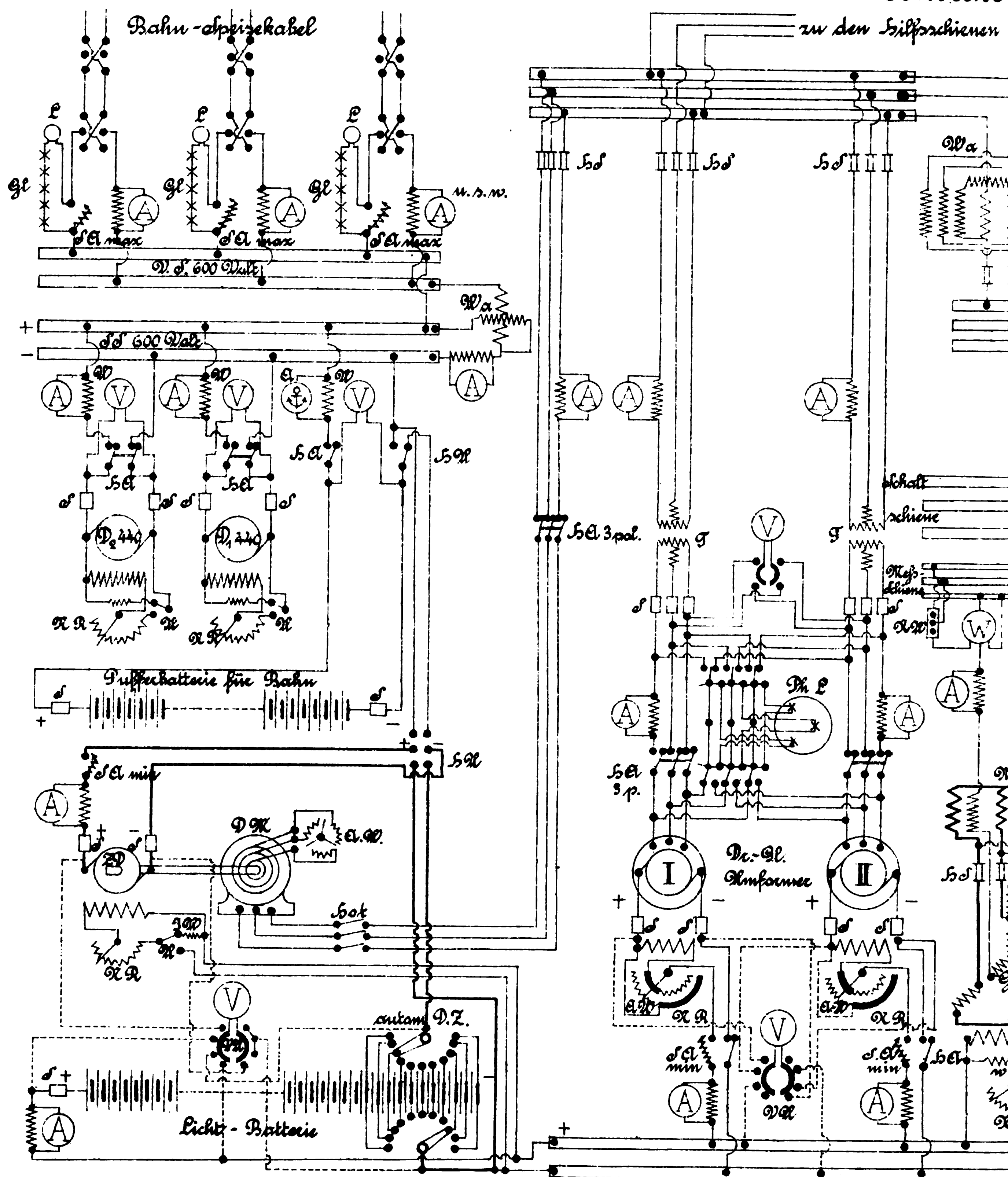


Verlag von Louis Marcus Verlagsbuc

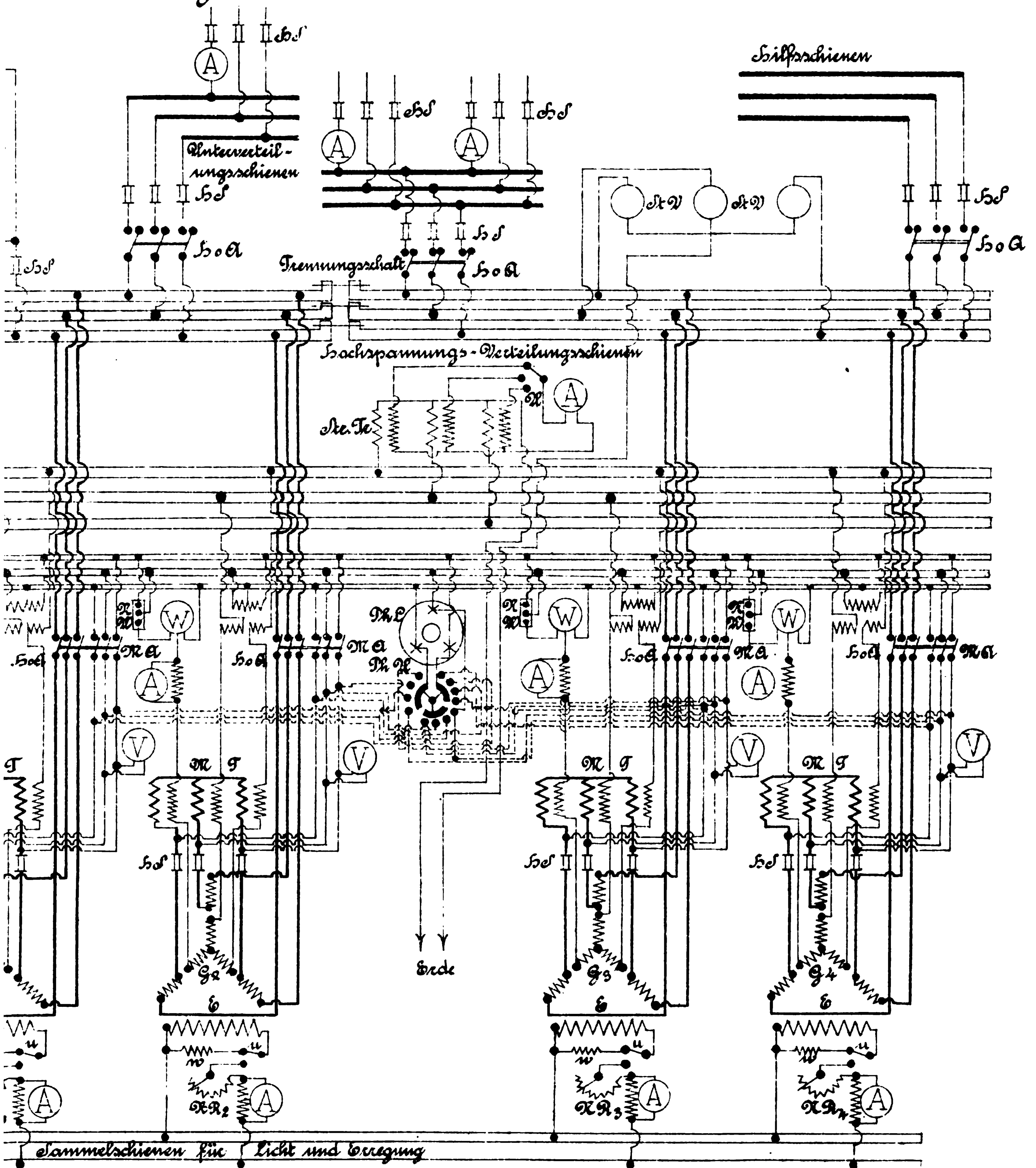


uchhandlung, Berlin S.W. 61.

Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.



Verlag von Louis Marcus Ve



Charlottenburg.
Unterverteilungsschienen
Hilfsschienen
Trennungsschalt
Hochspannungs-Verteilungsschienen
Erde
Sammelschienen für Licht und Erregung

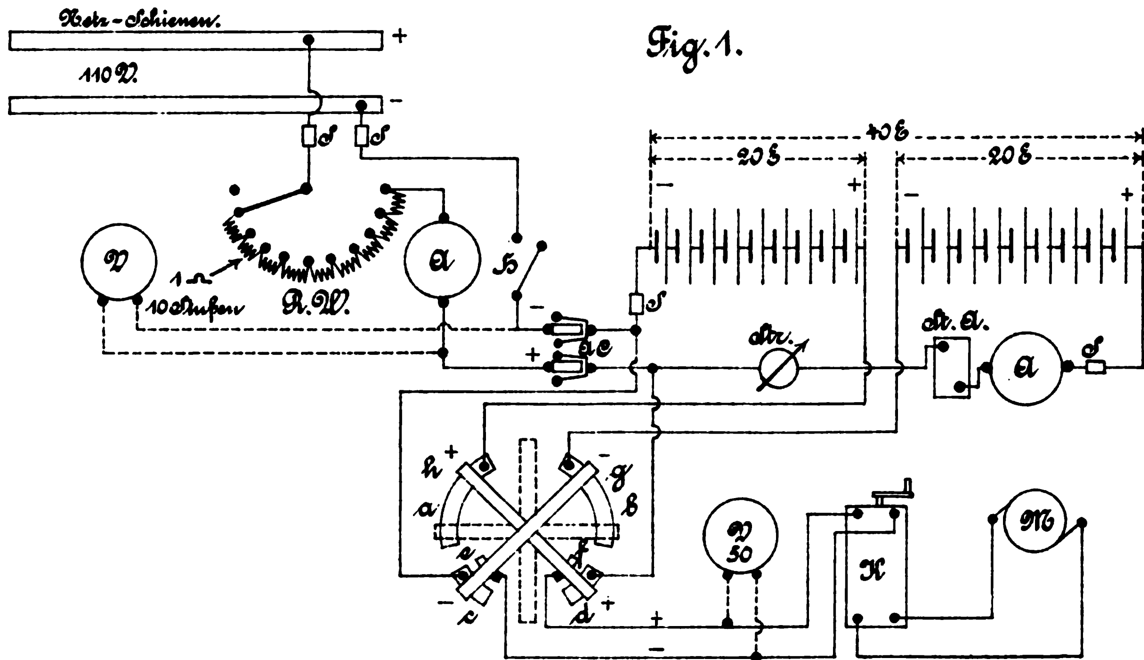
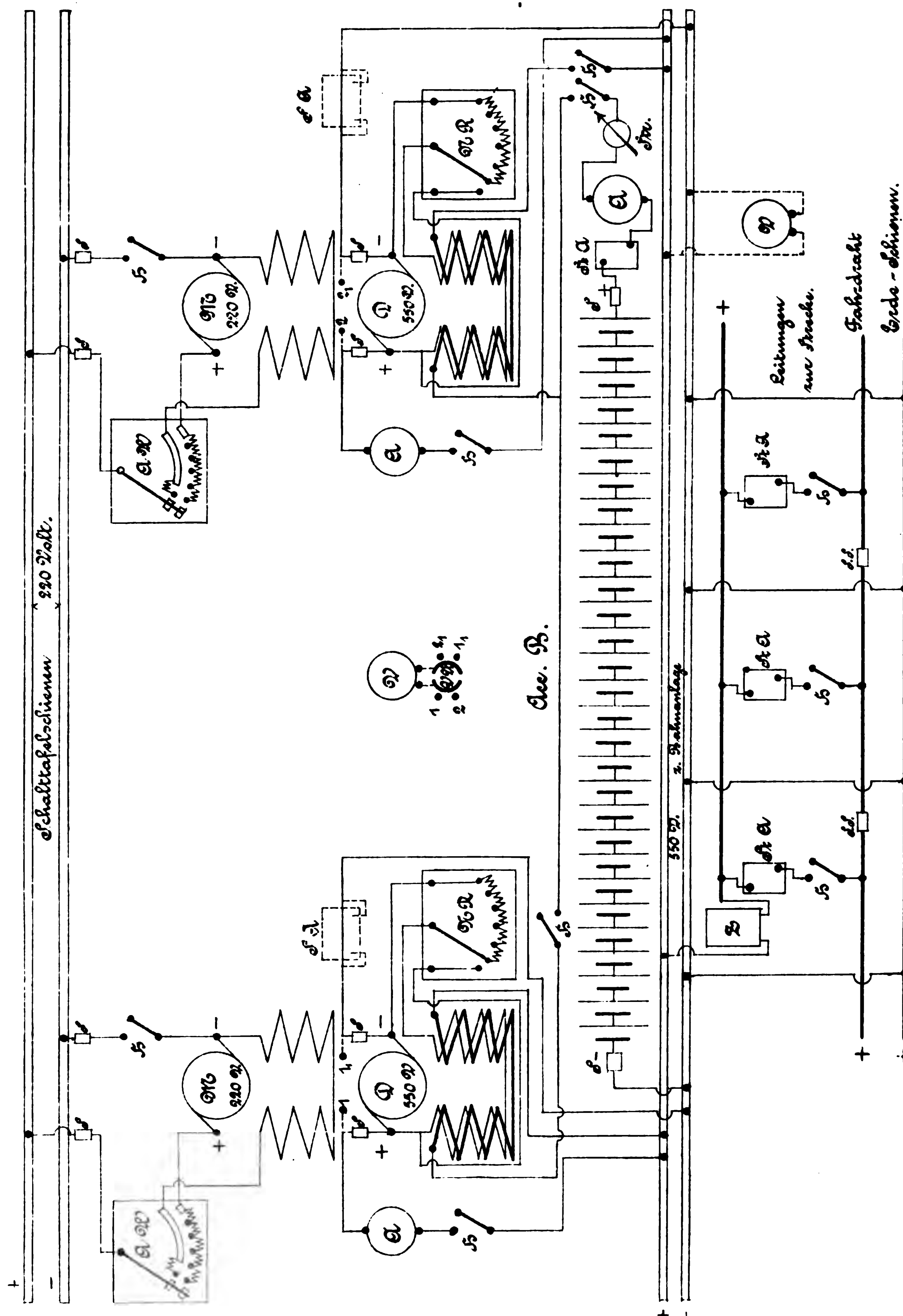


Fig. 1.

Fig. 2.

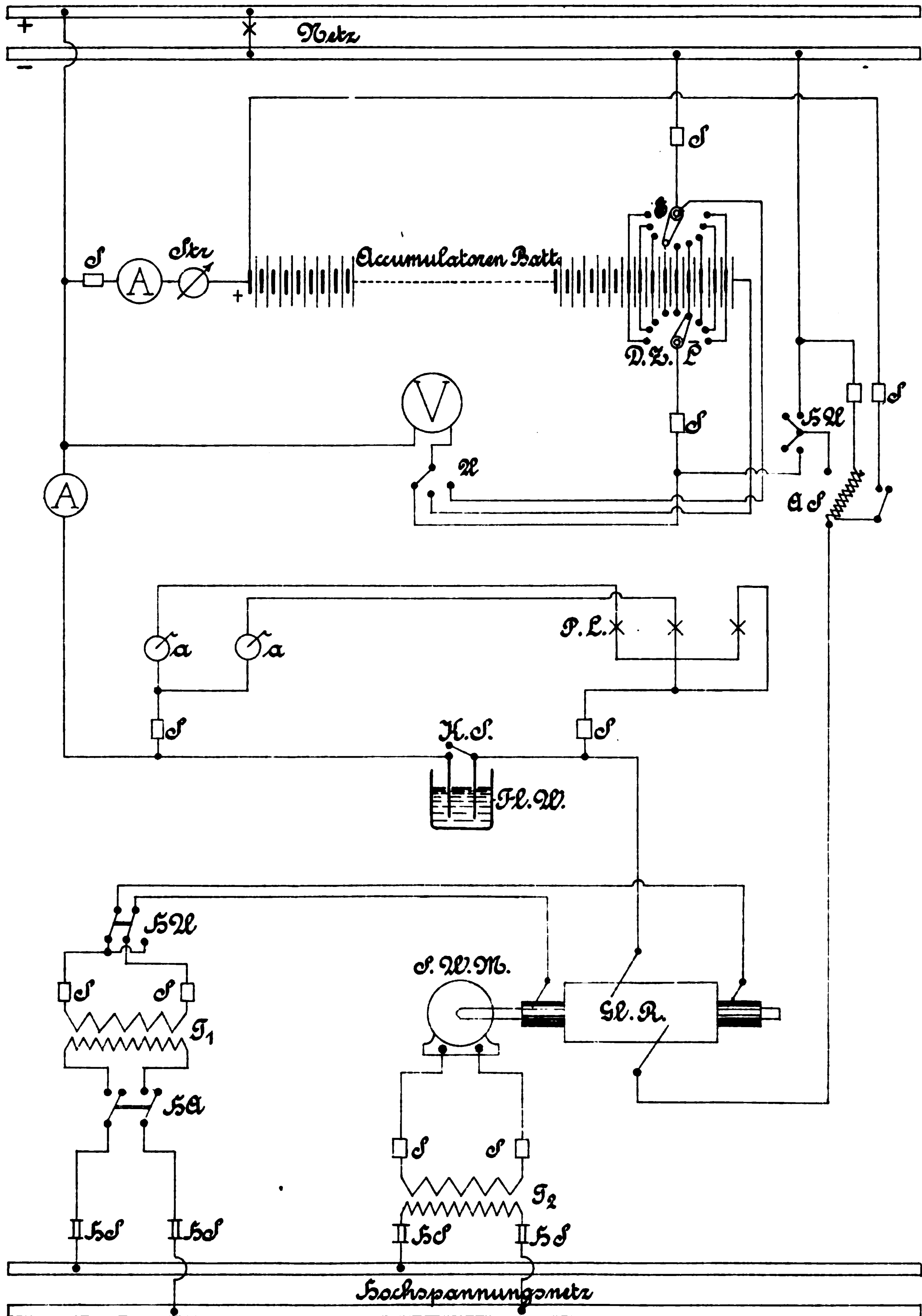
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



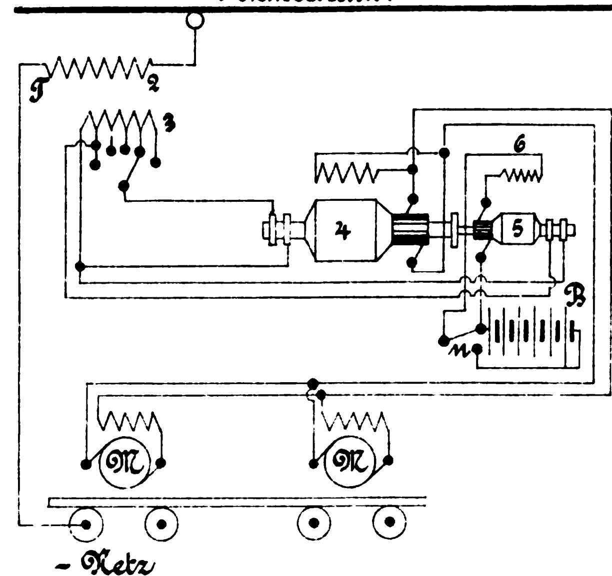
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

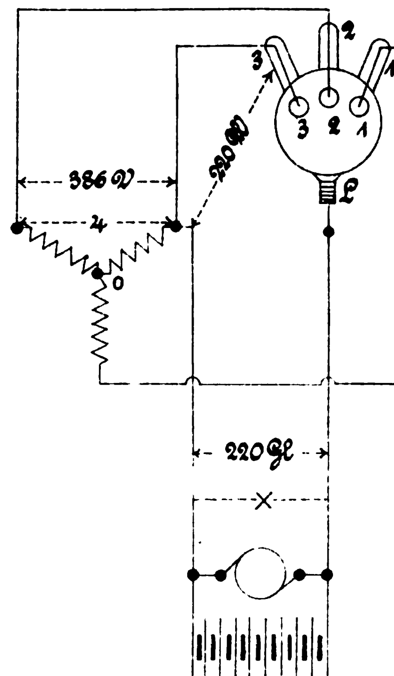
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

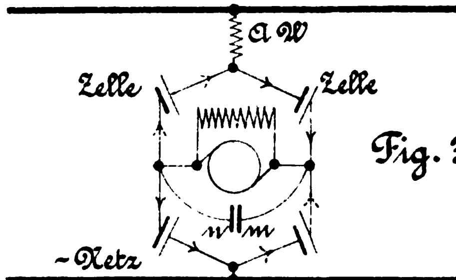


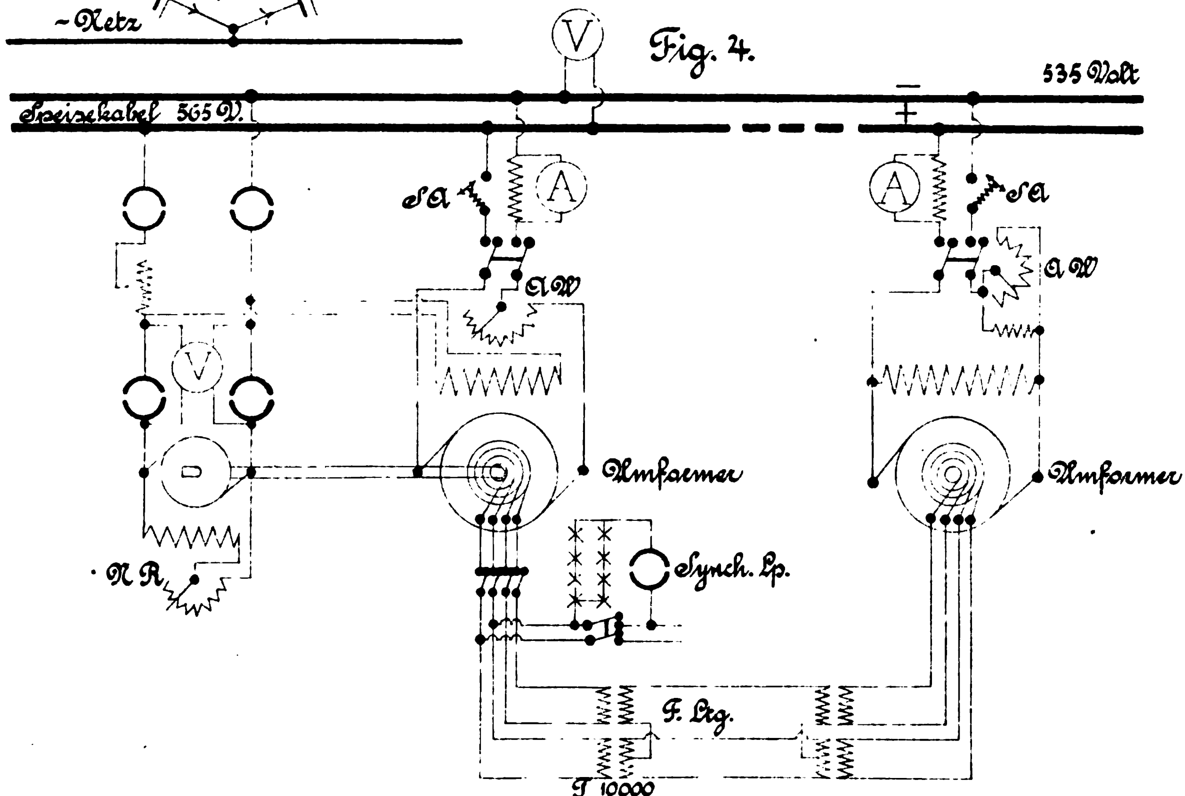
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.









Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

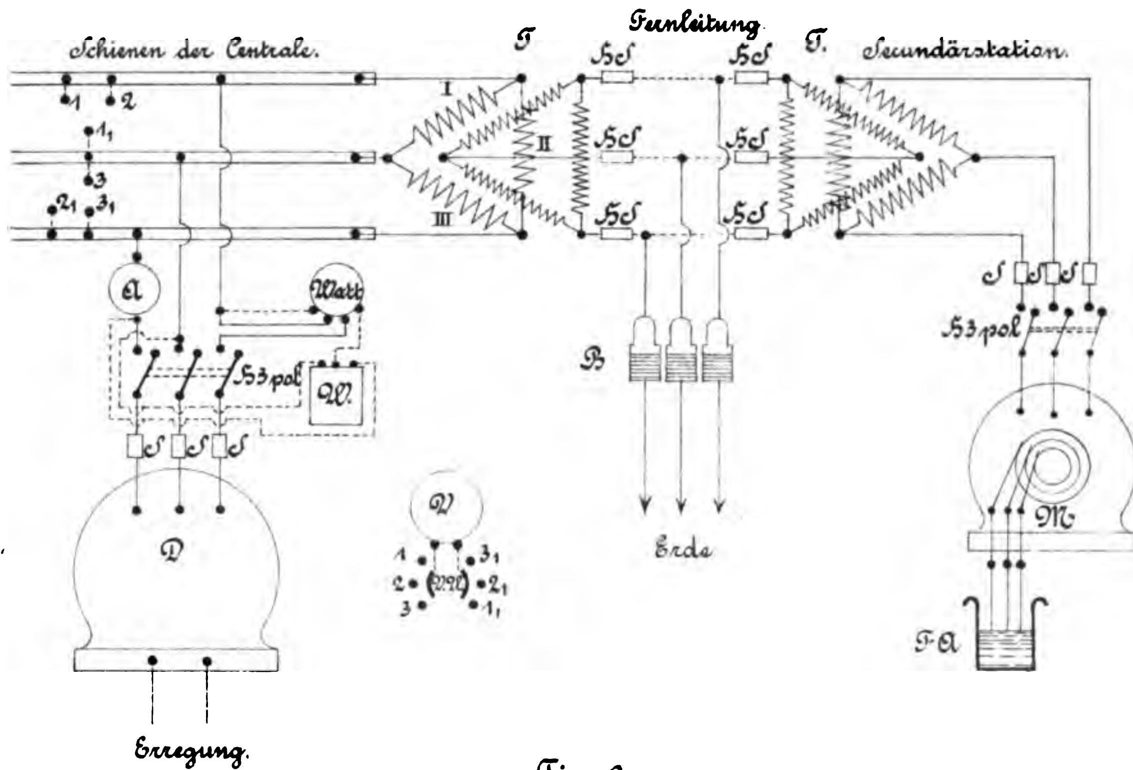
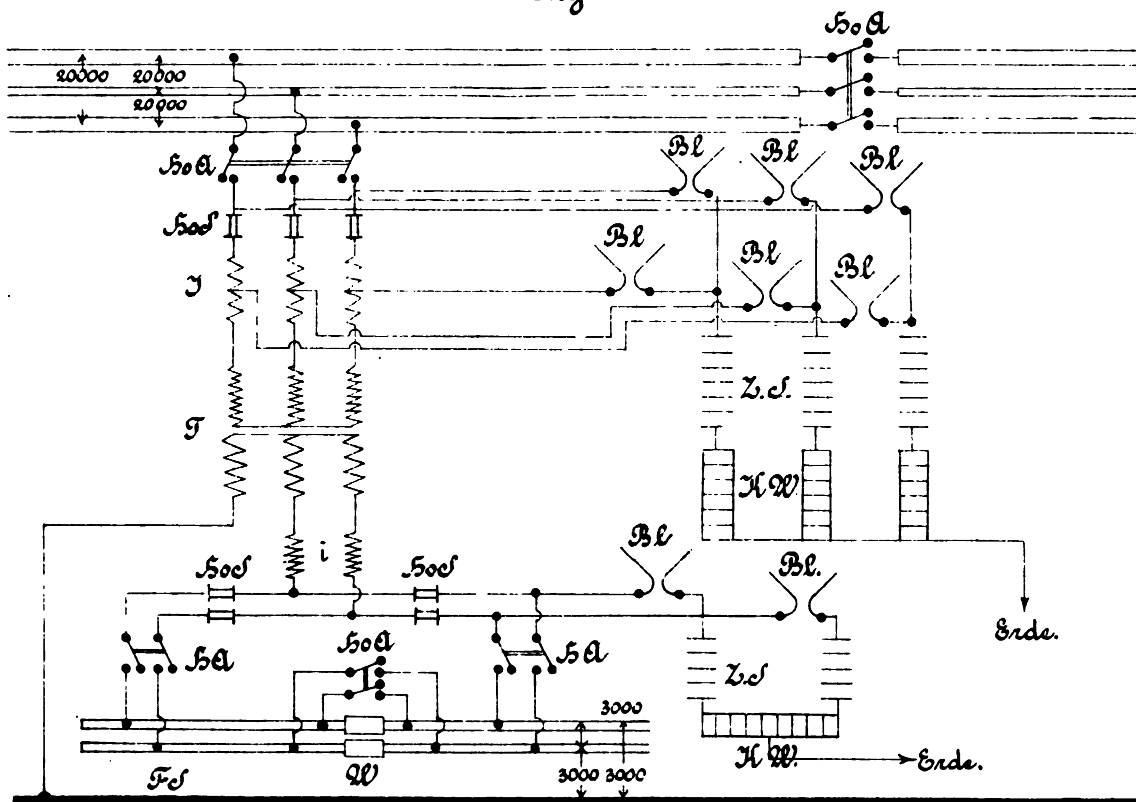


Fig. 2.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

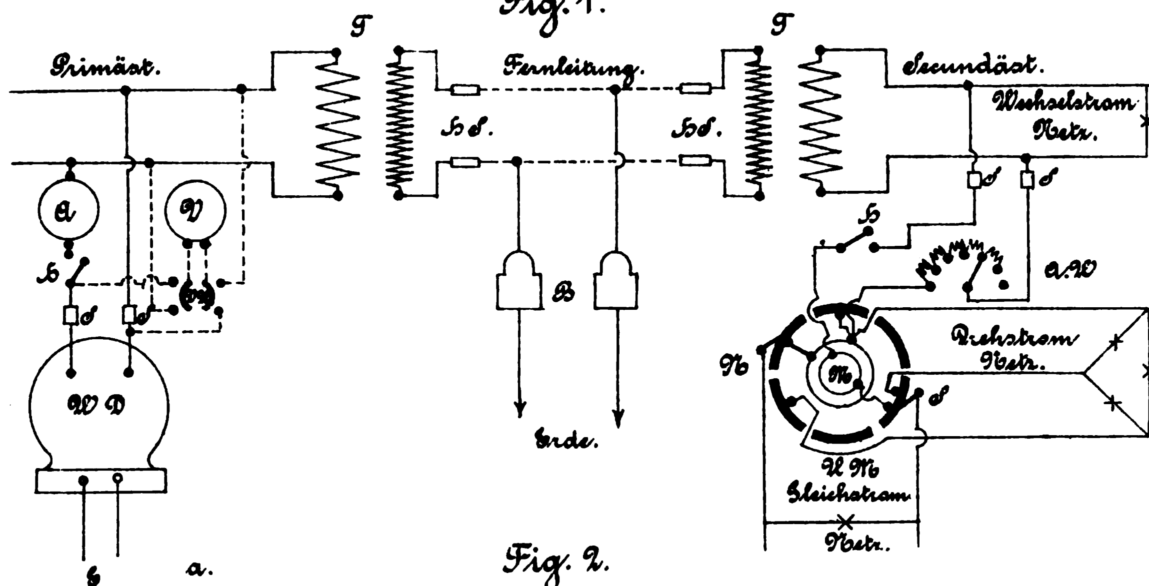


Fig. 2.

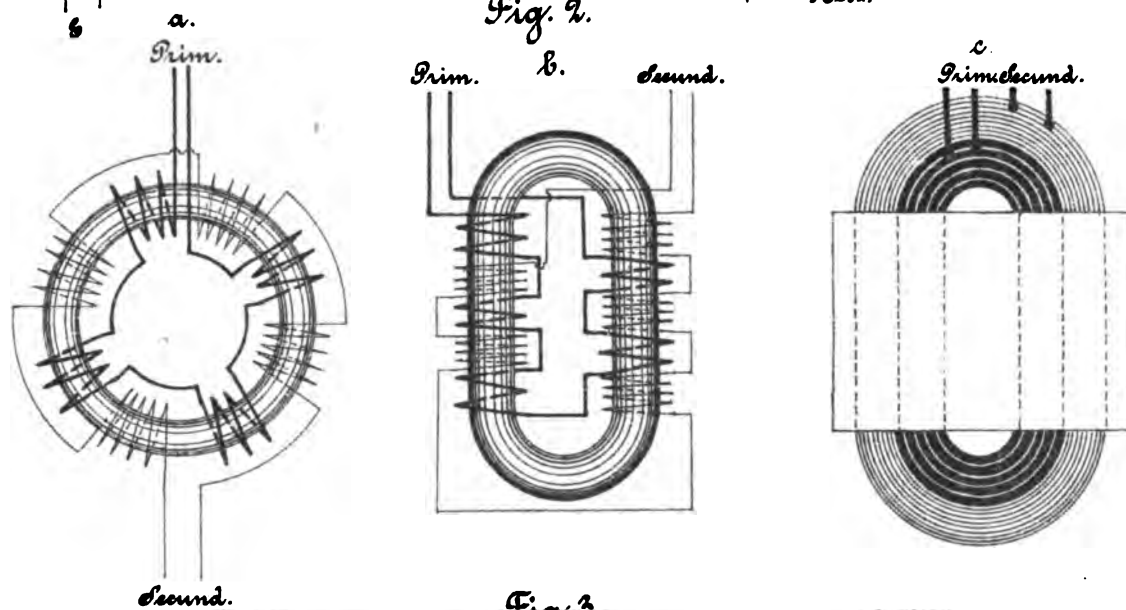
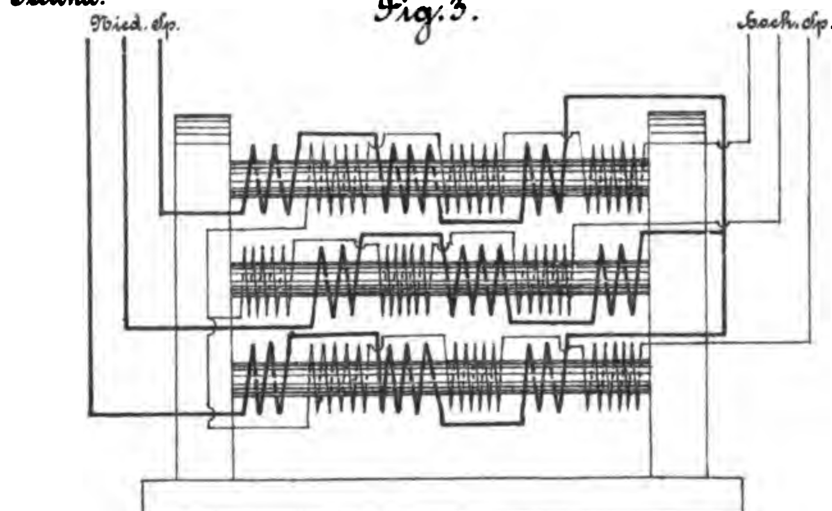
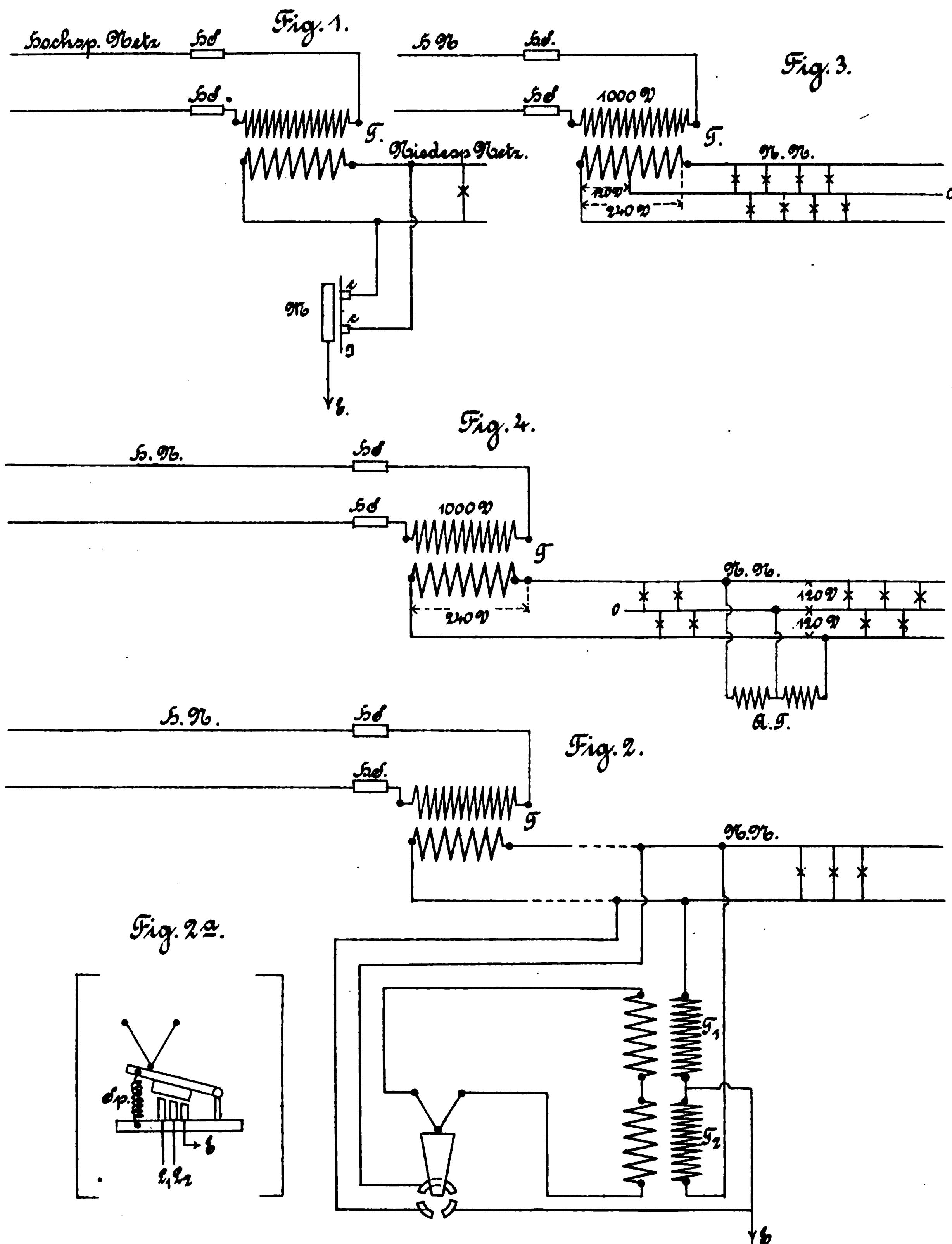


Fig. 3.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

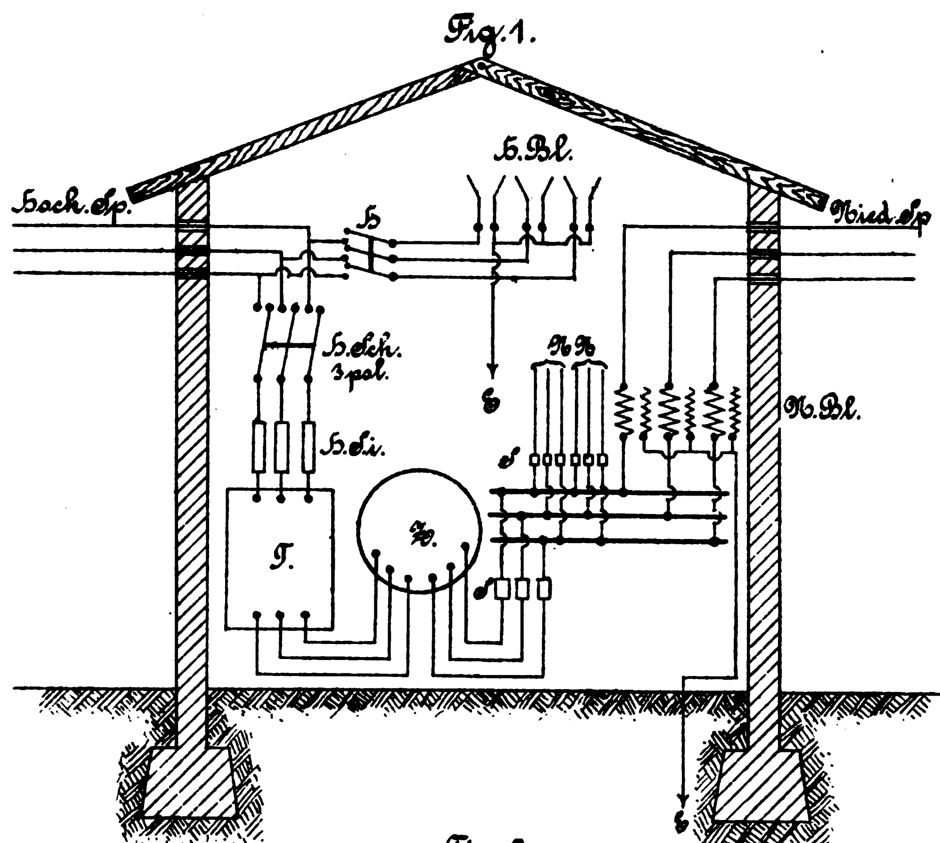
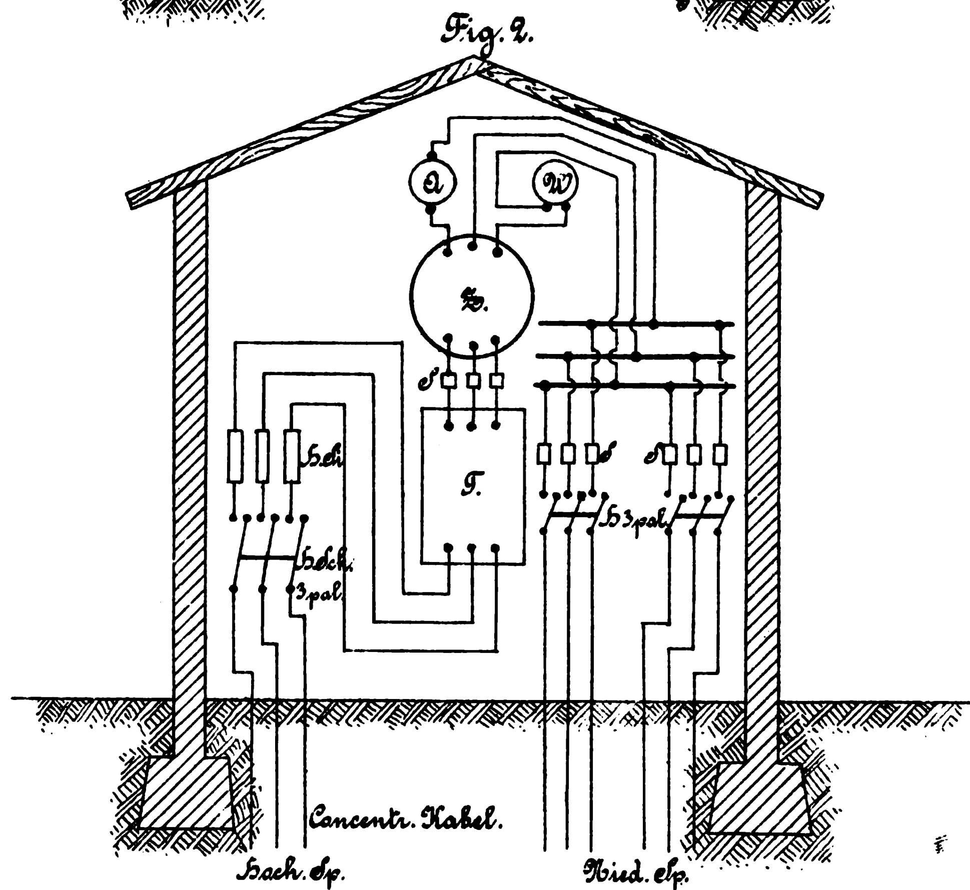
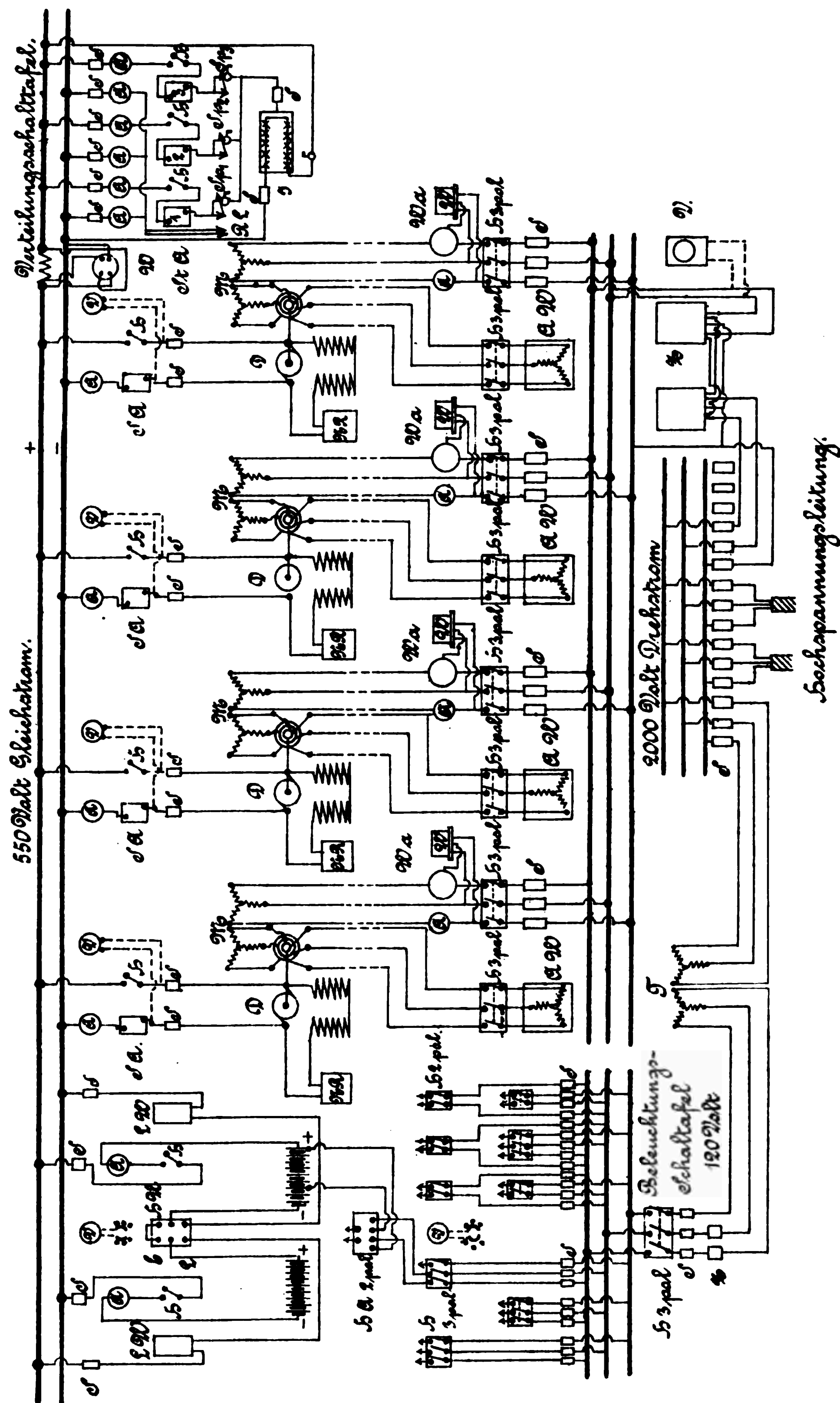


Fig. 2.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

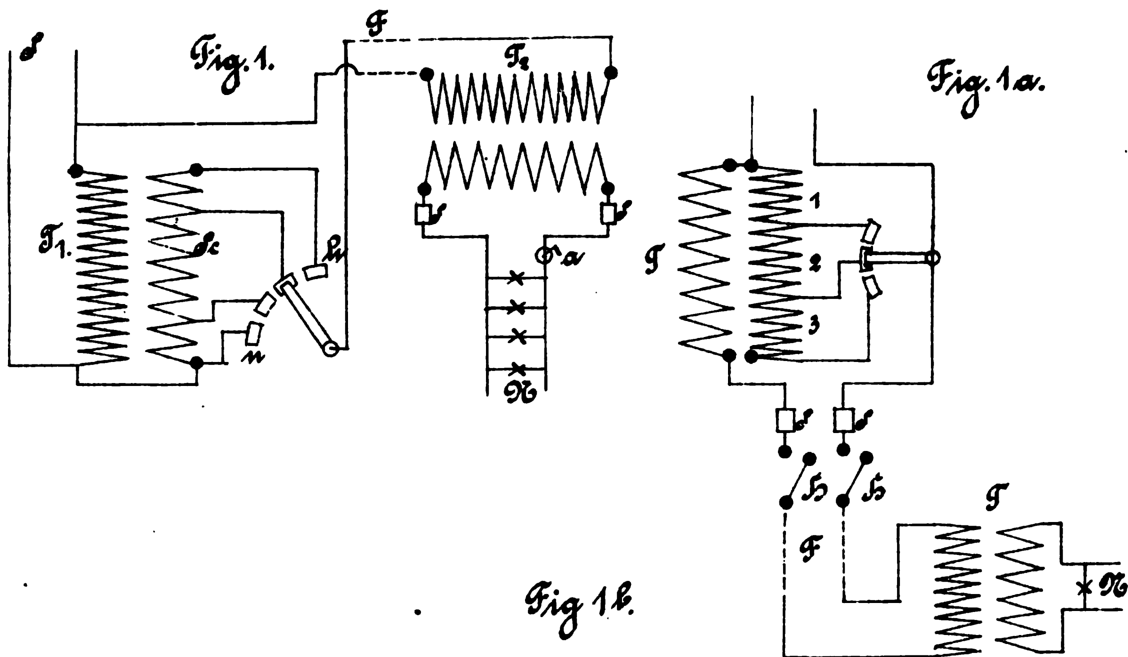
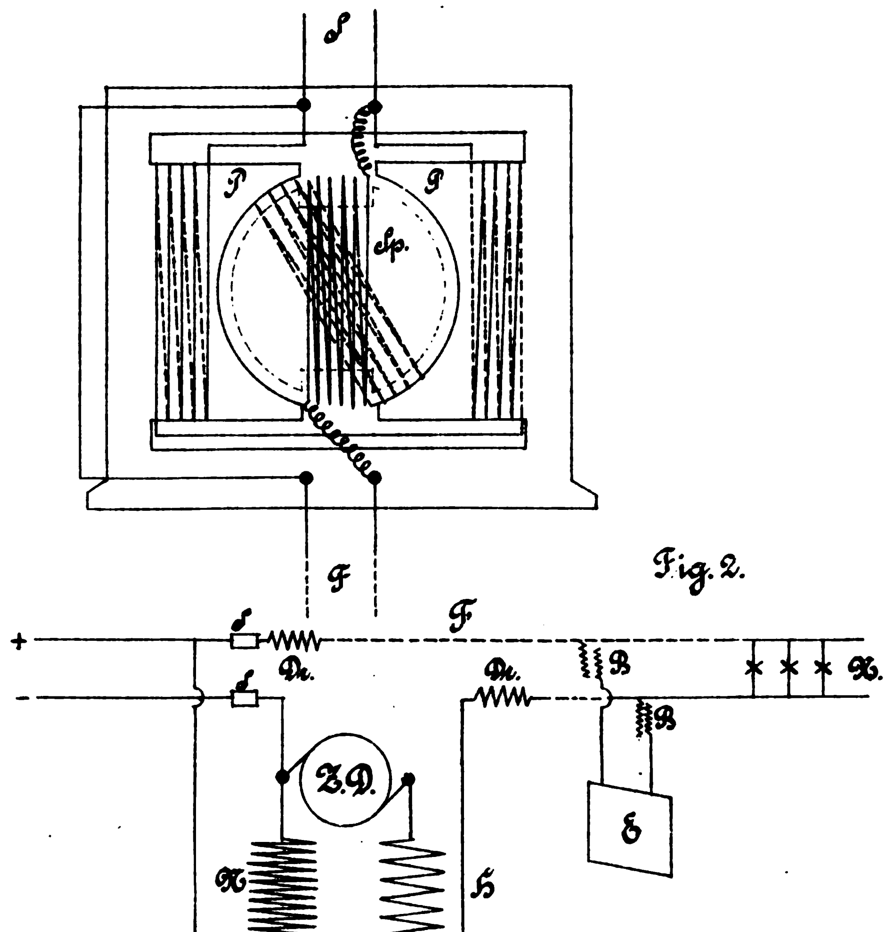


Fig 1b.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Töpferei

Motoren für Pumpen Förderbahn und Maschinenbetrieb.

Trolley.

Fernleitung.

Bl.

Fahrschiene.

Transportbahn.

Bl.

FSL

Ema

Licht.

Wohnhaus.

K.

Gl.

Leitung zu den Fernschaltern.

Sl

FA_1 FA_2

Verteilungsschienen für Stationsbedarf.

A

V

Centrale.

SpA

VU

W

Sg

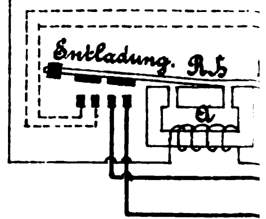
So

Lp

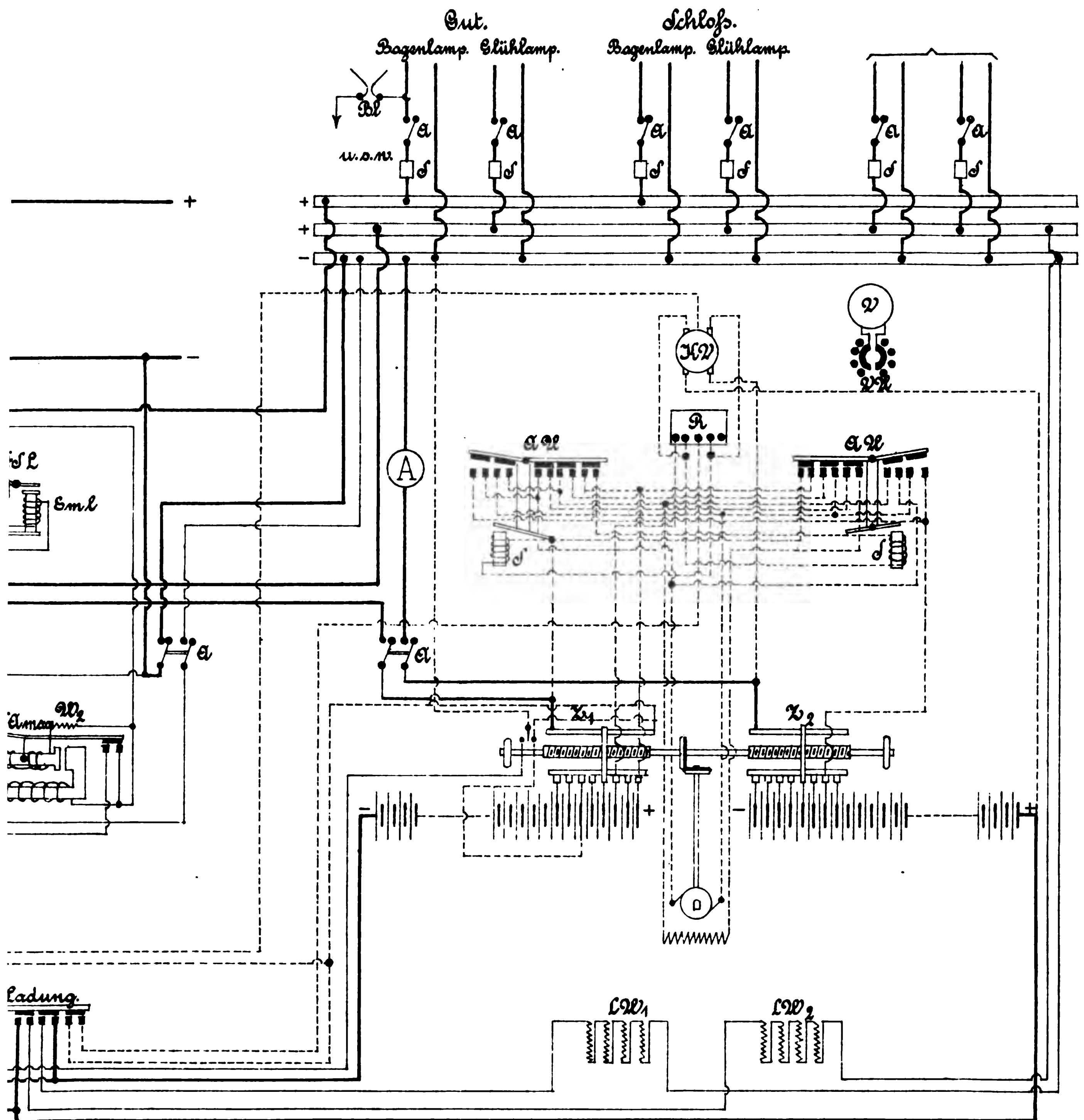
CD

E

W_1



Verlag von Louis Marcus Verla



sbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Fig. 1.

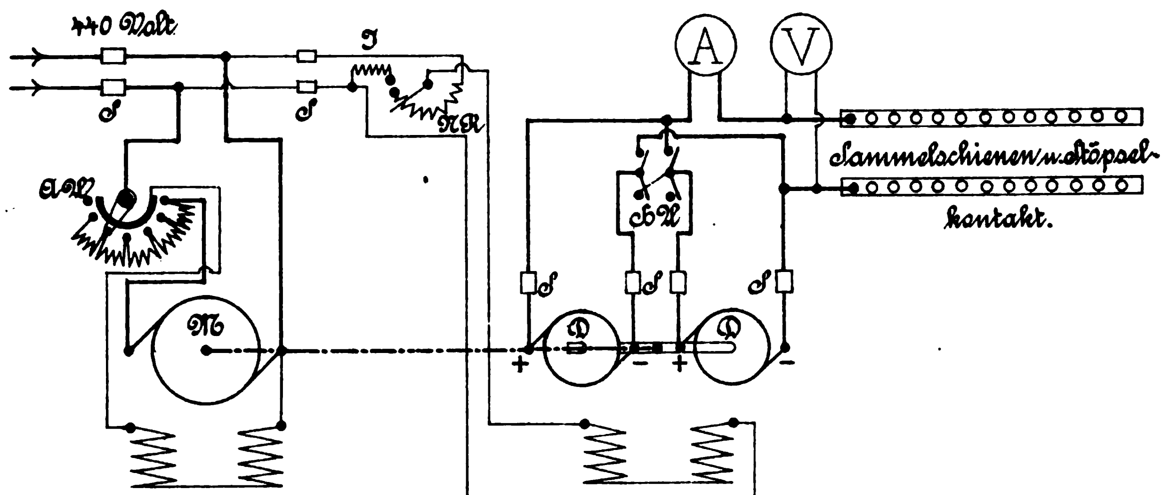
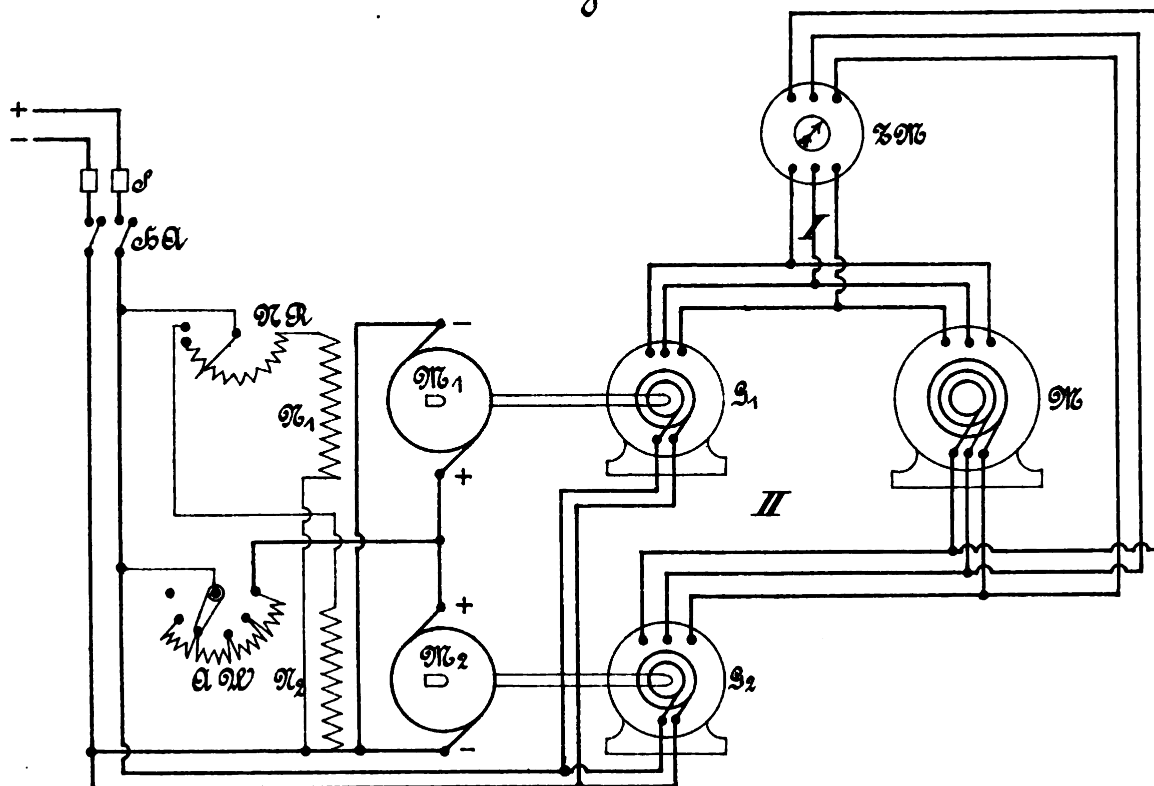


Fig. 2.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

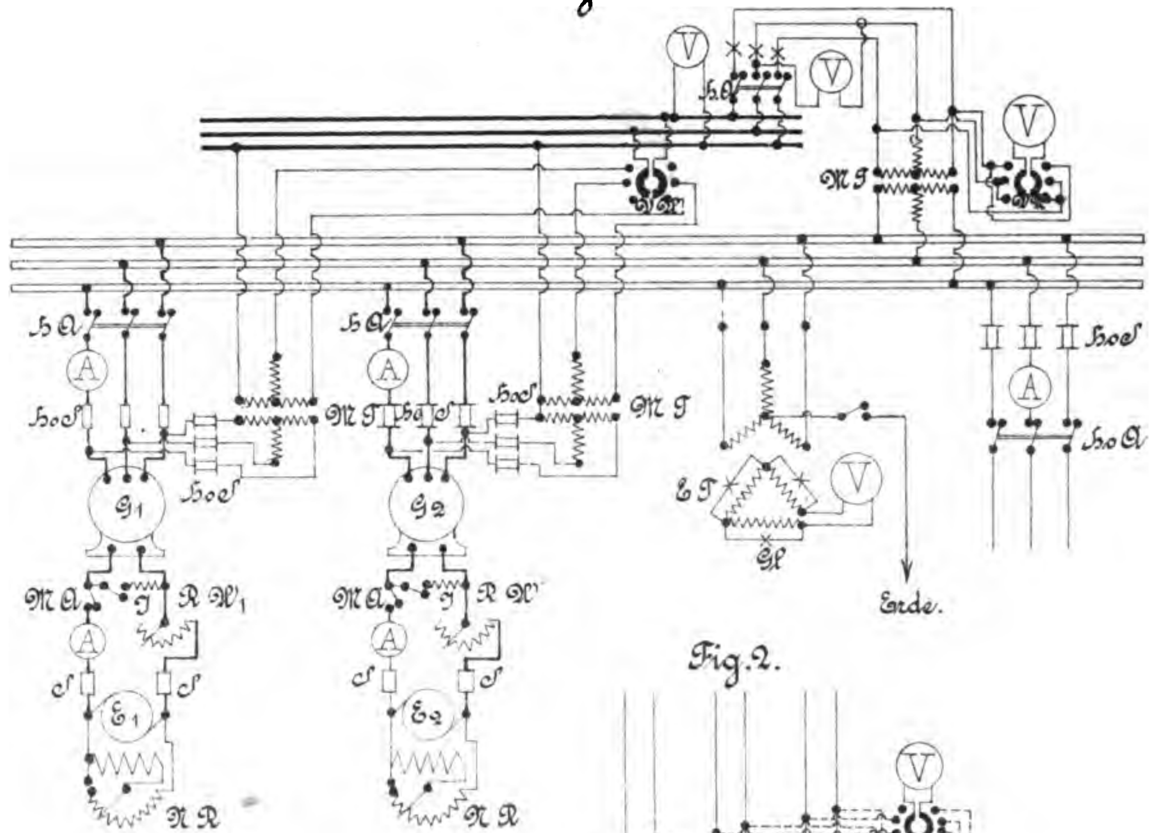
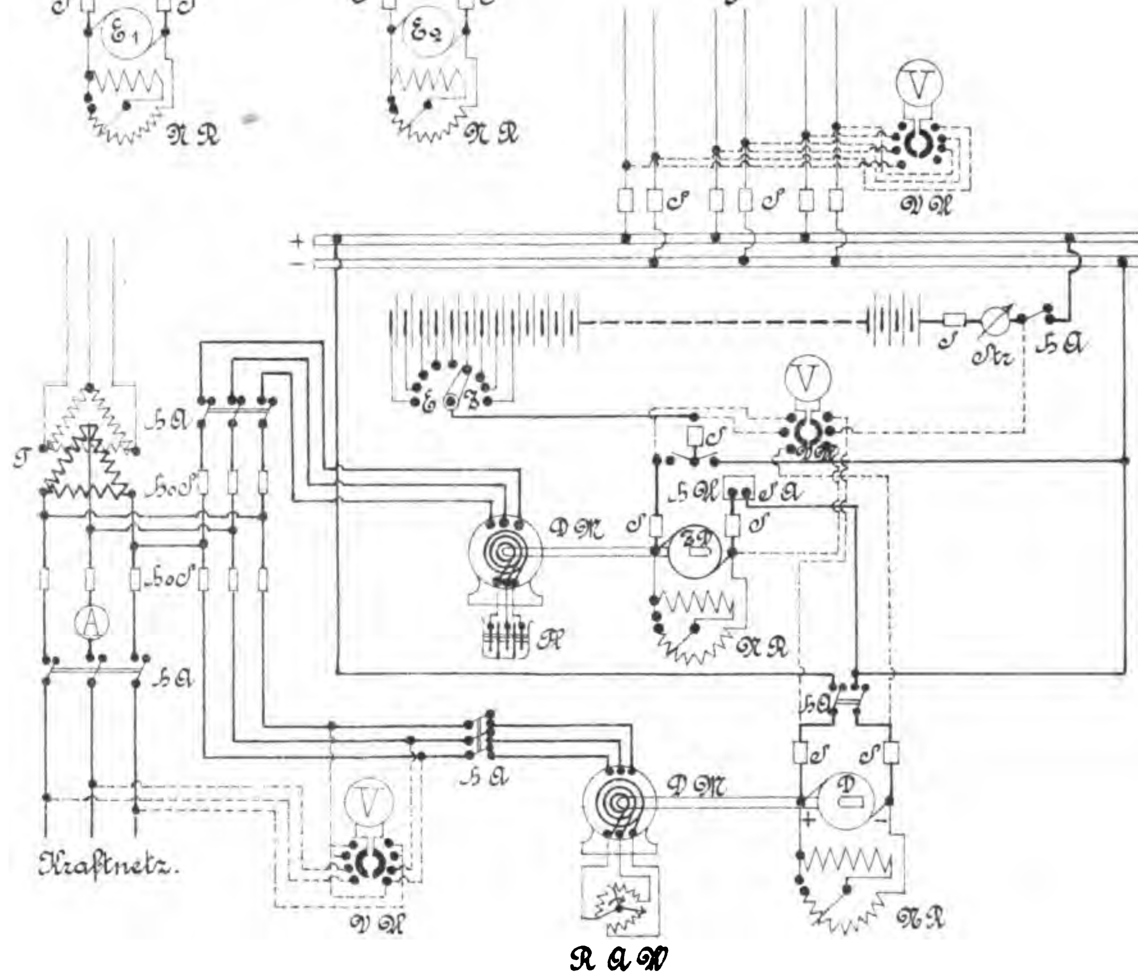


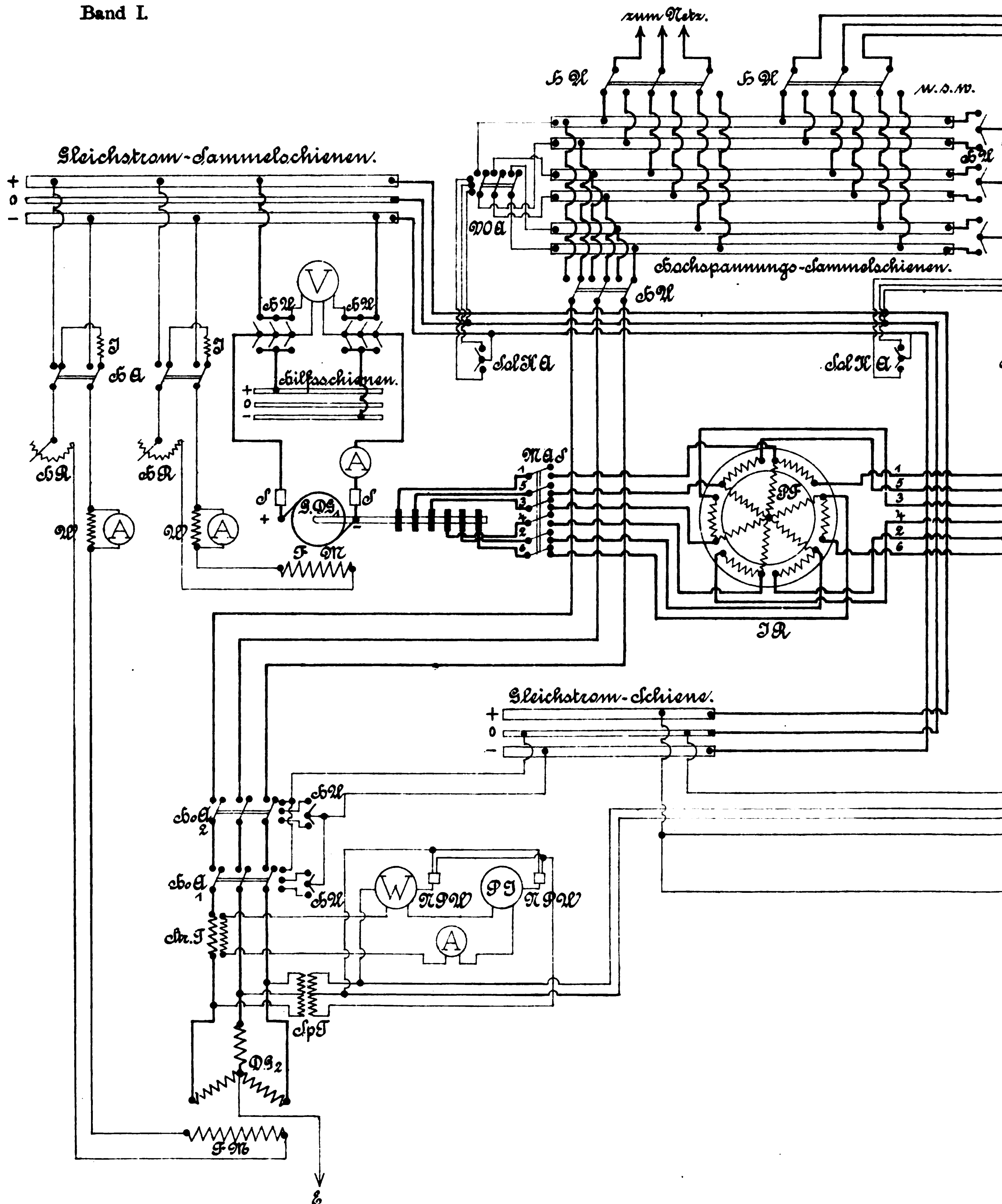
Fig. 2.



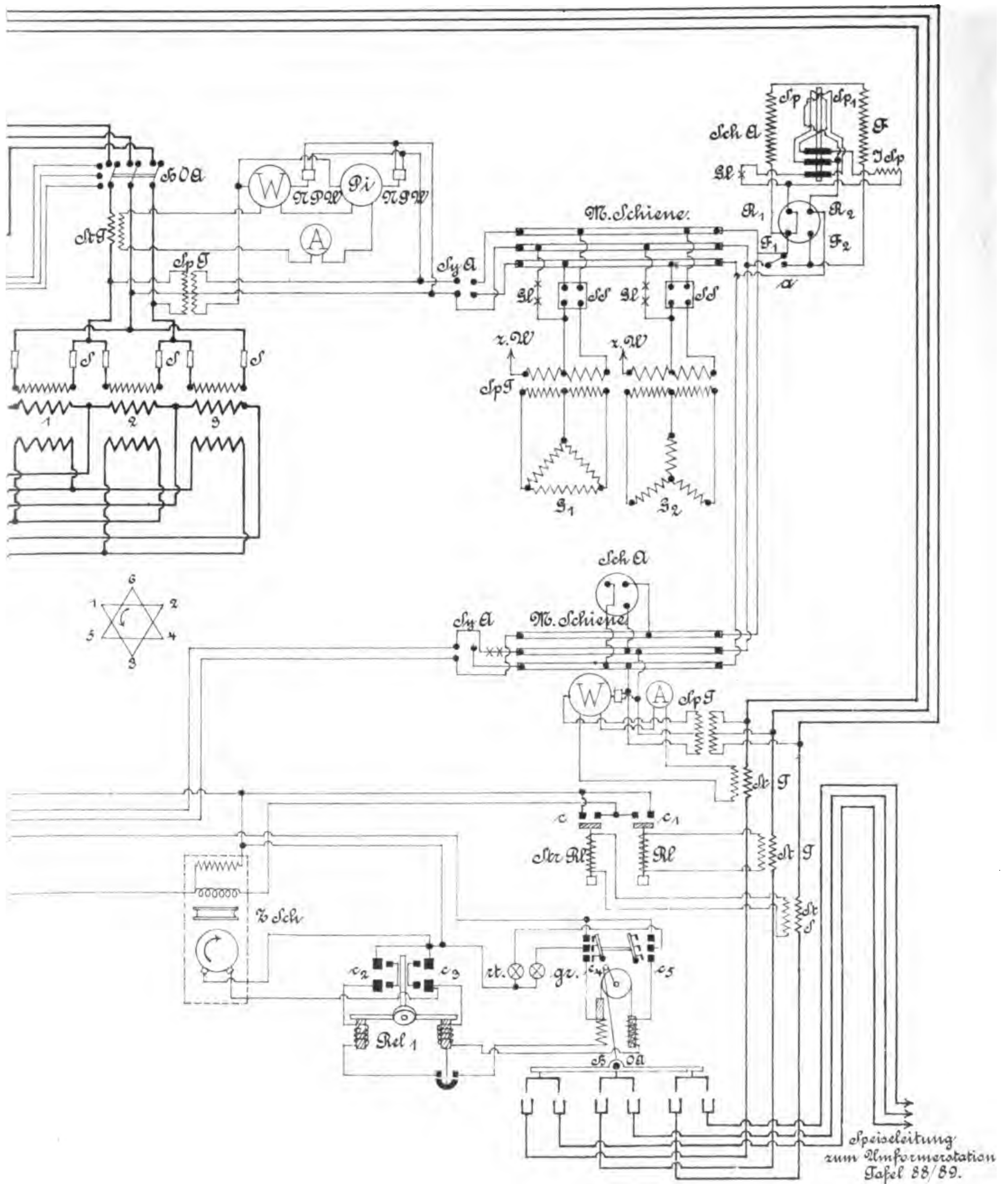
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Hirschfeld, Handbuch.
Band I.



Verlag von Louis Marcus Ver



buchhandlung, Berlin S.W. 61.
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

von der Centrale (Tafel 86/87.)

von der Centrale Fernleitung.

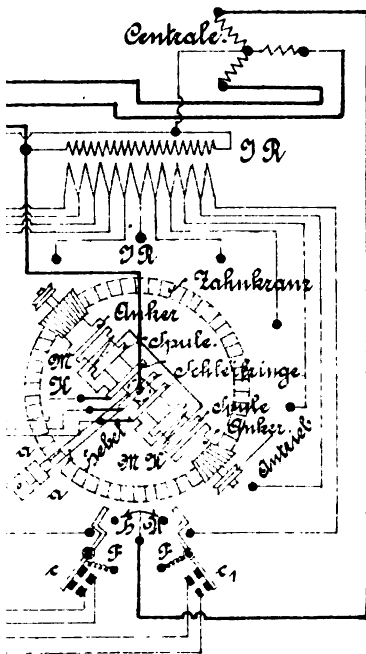
usw

Hilfsschiene.

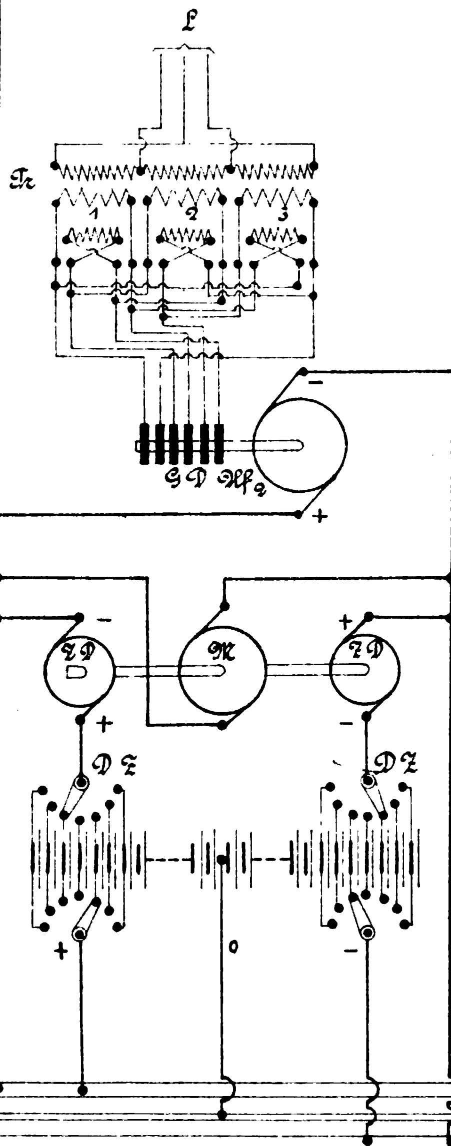
Verteilungsschienen

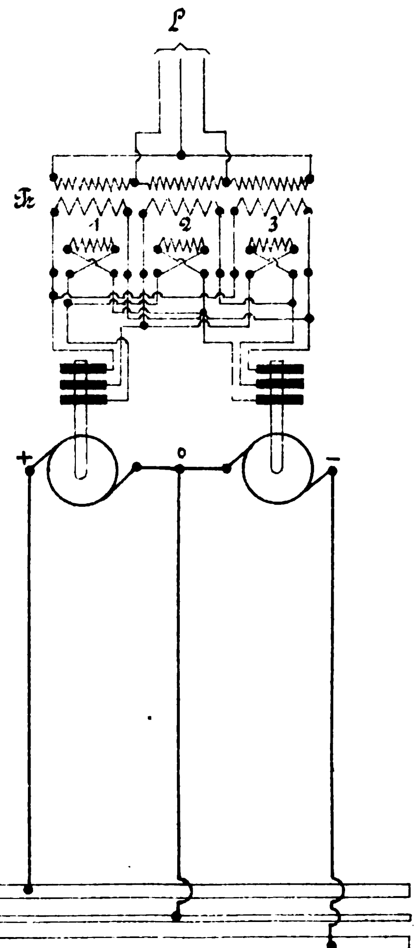
+
0
−





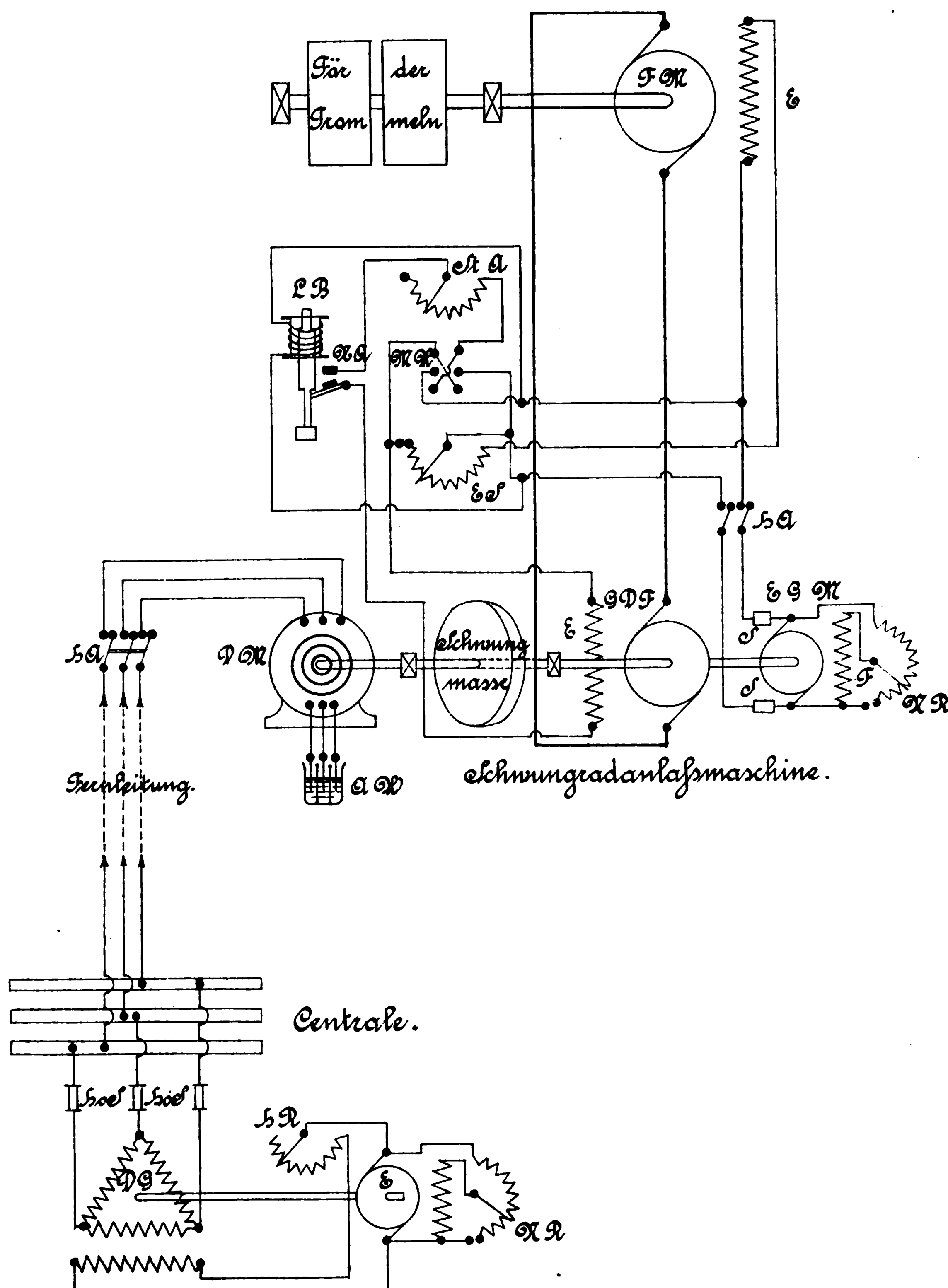
M K Magnetische Kupplung
S Schleifringe
A Anschlag
I R Induktionsregulator
So Solenoid
$K_1 K_2 c c_1$ Contacte





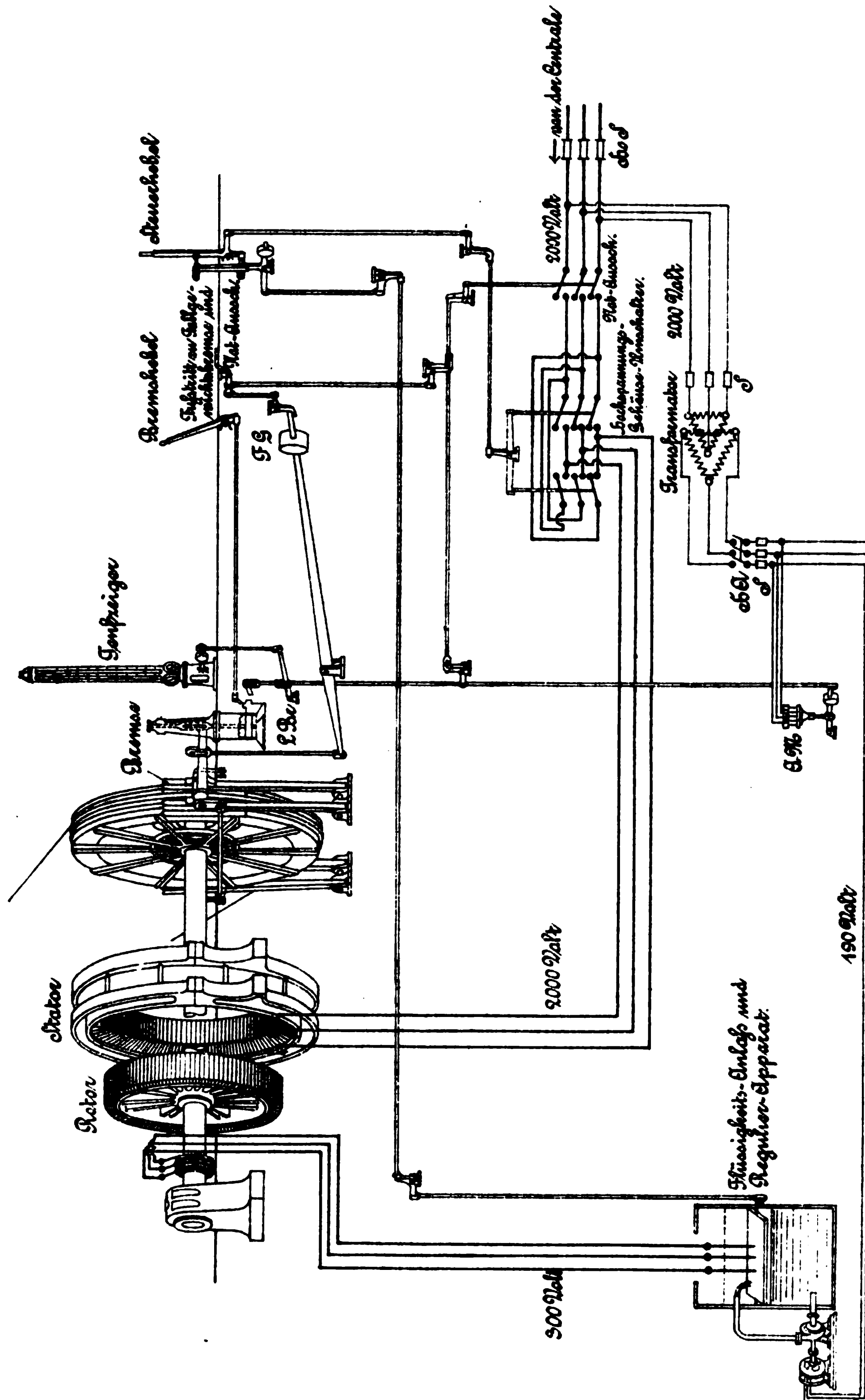
buchhandlung, Berlin S.W. 61.

Lith. Anst. v. Fr. Wiesner, Berlin S.



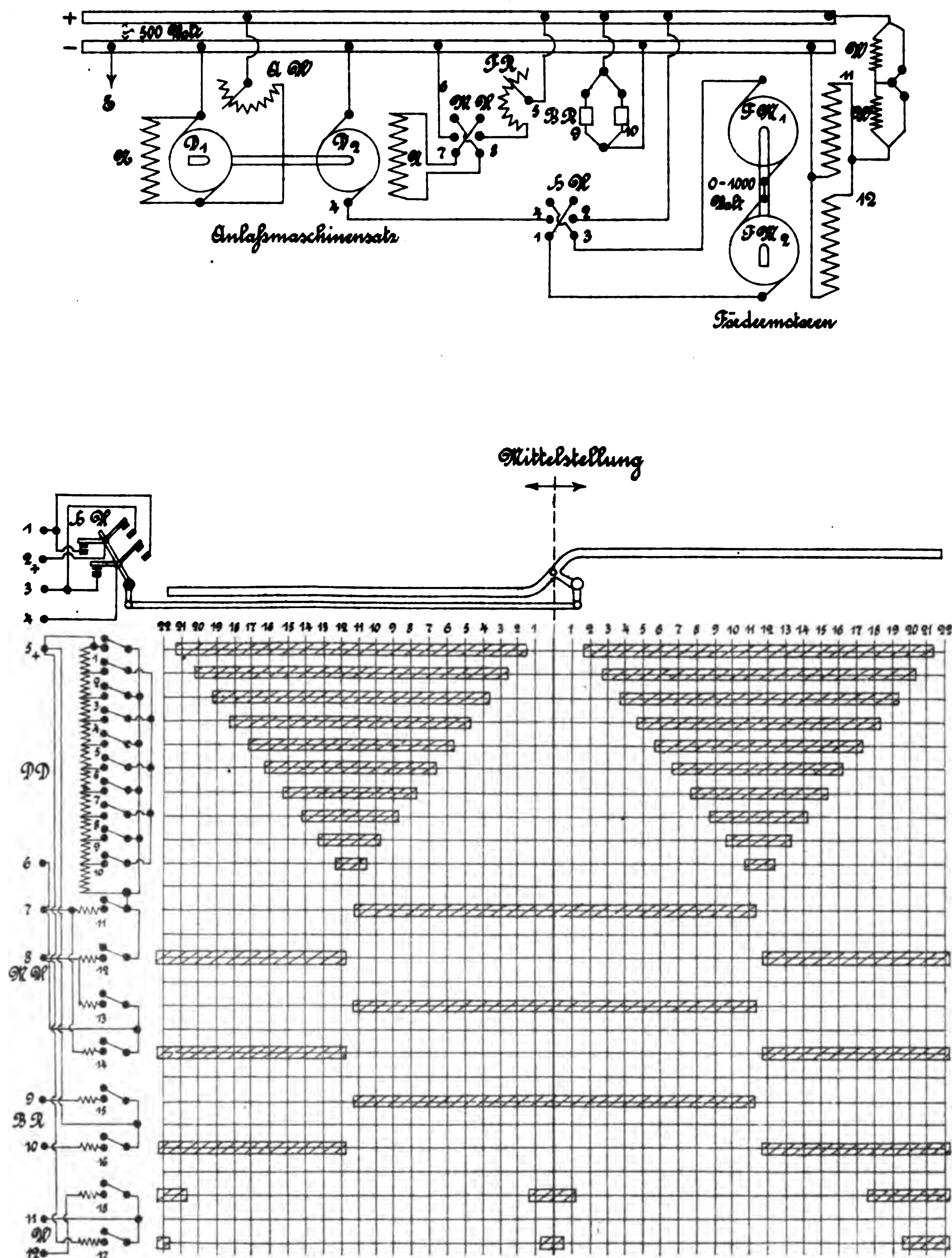
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

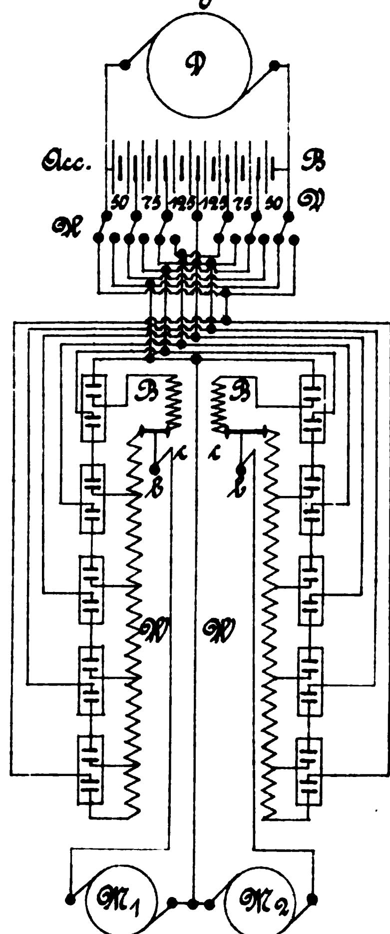
Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.



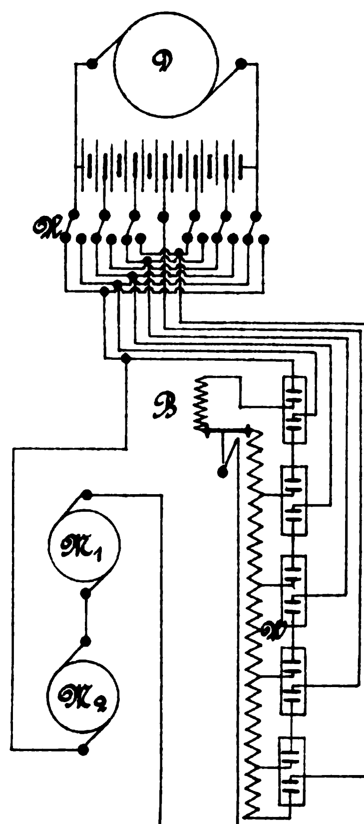


Fig. 3.

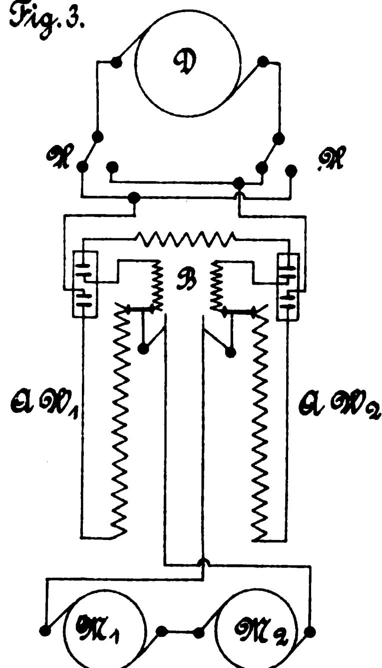
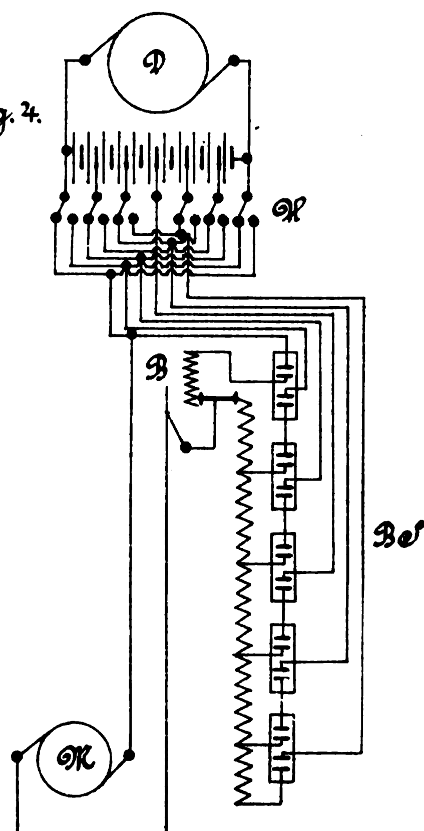
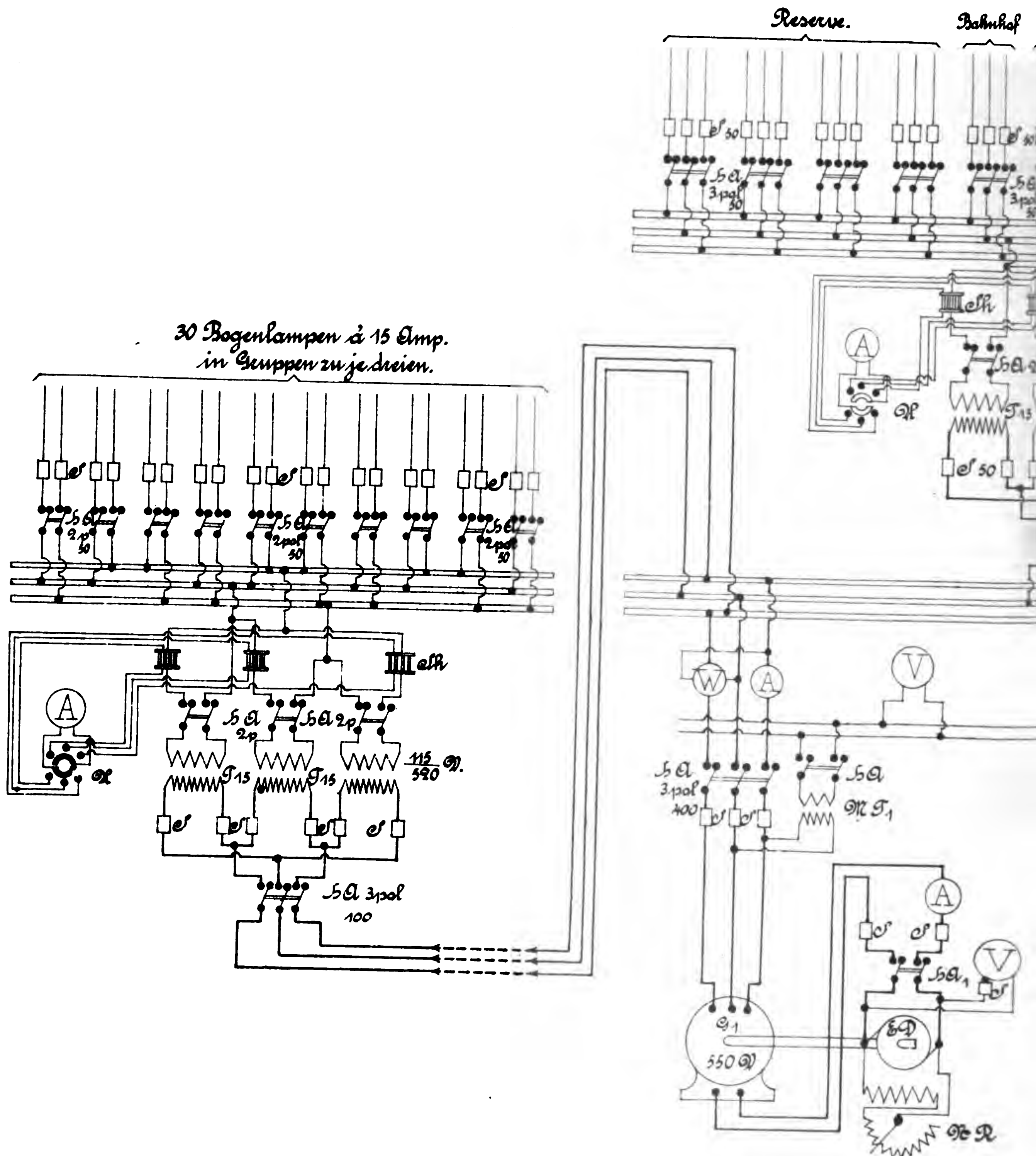


Fig. 4.

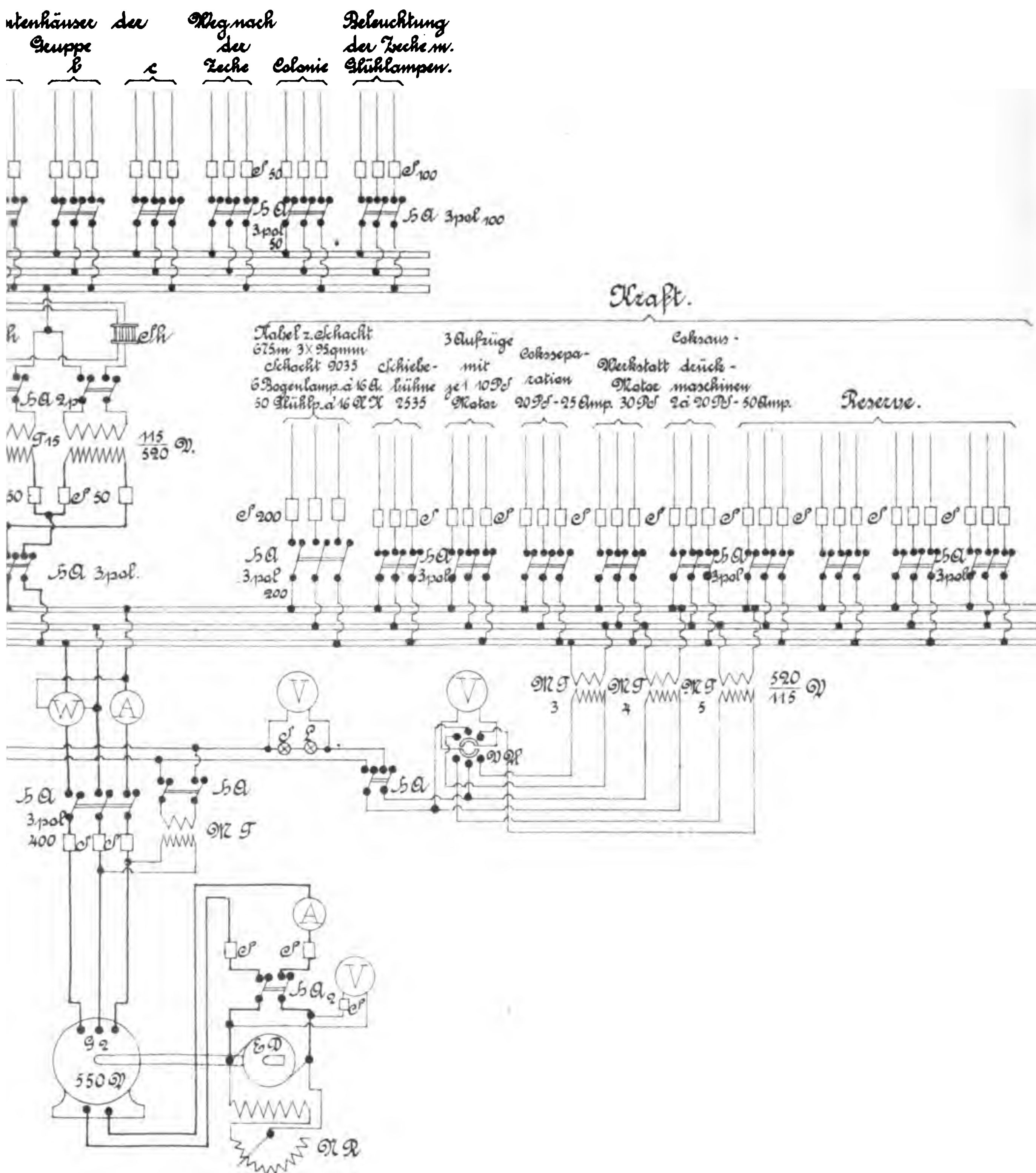


Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

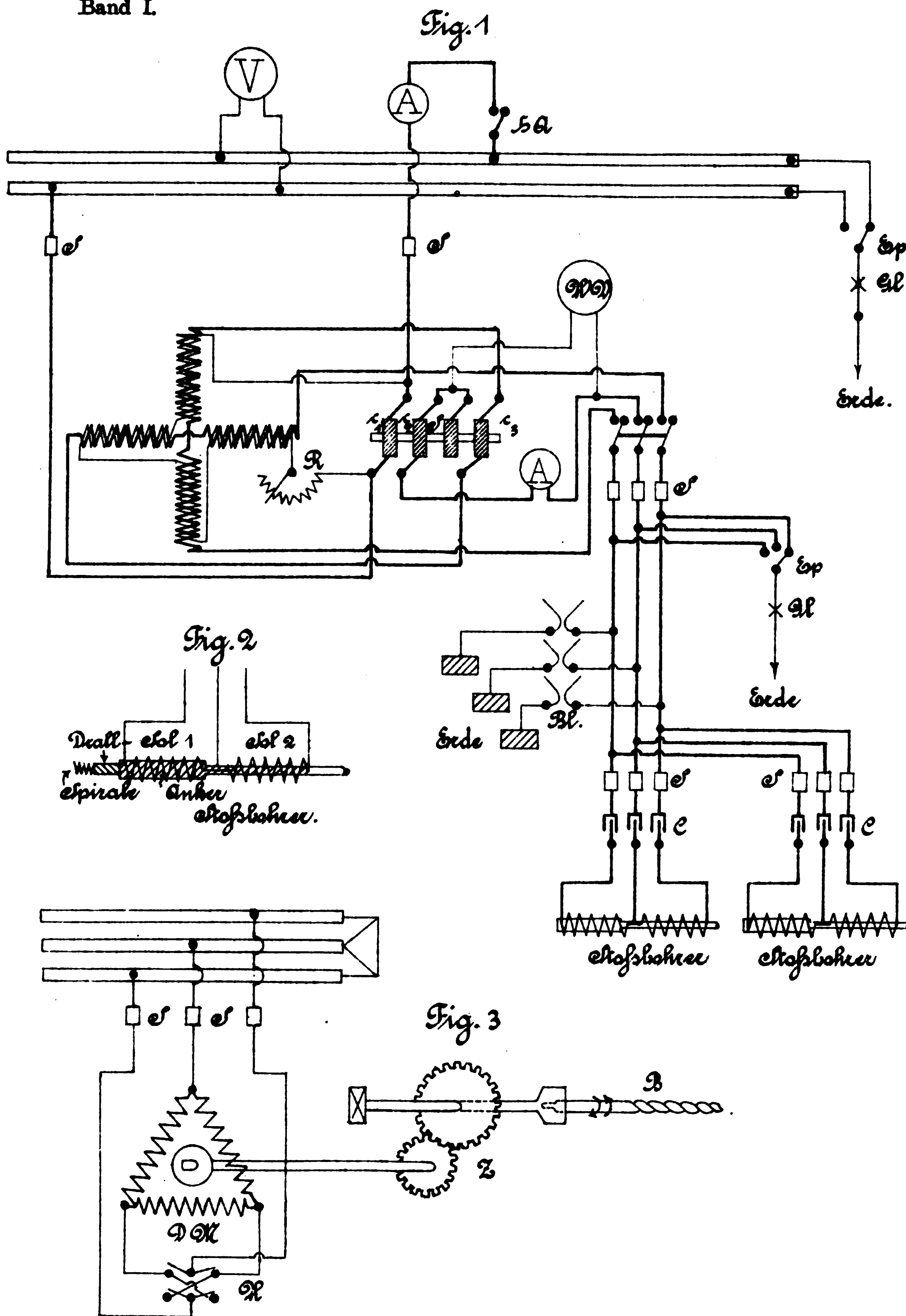


Verlag von Louis Marc us Ve



...gsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

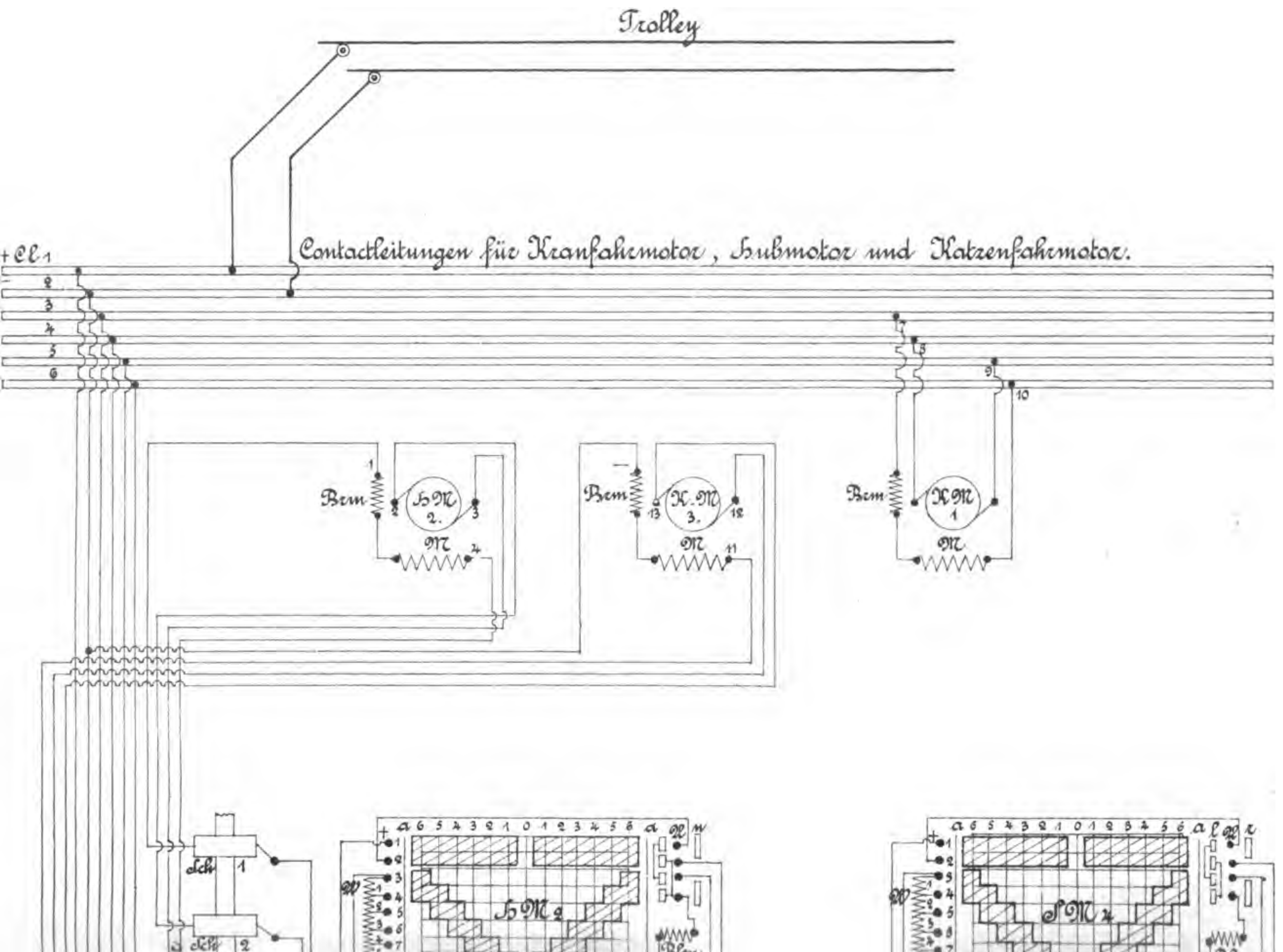
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.



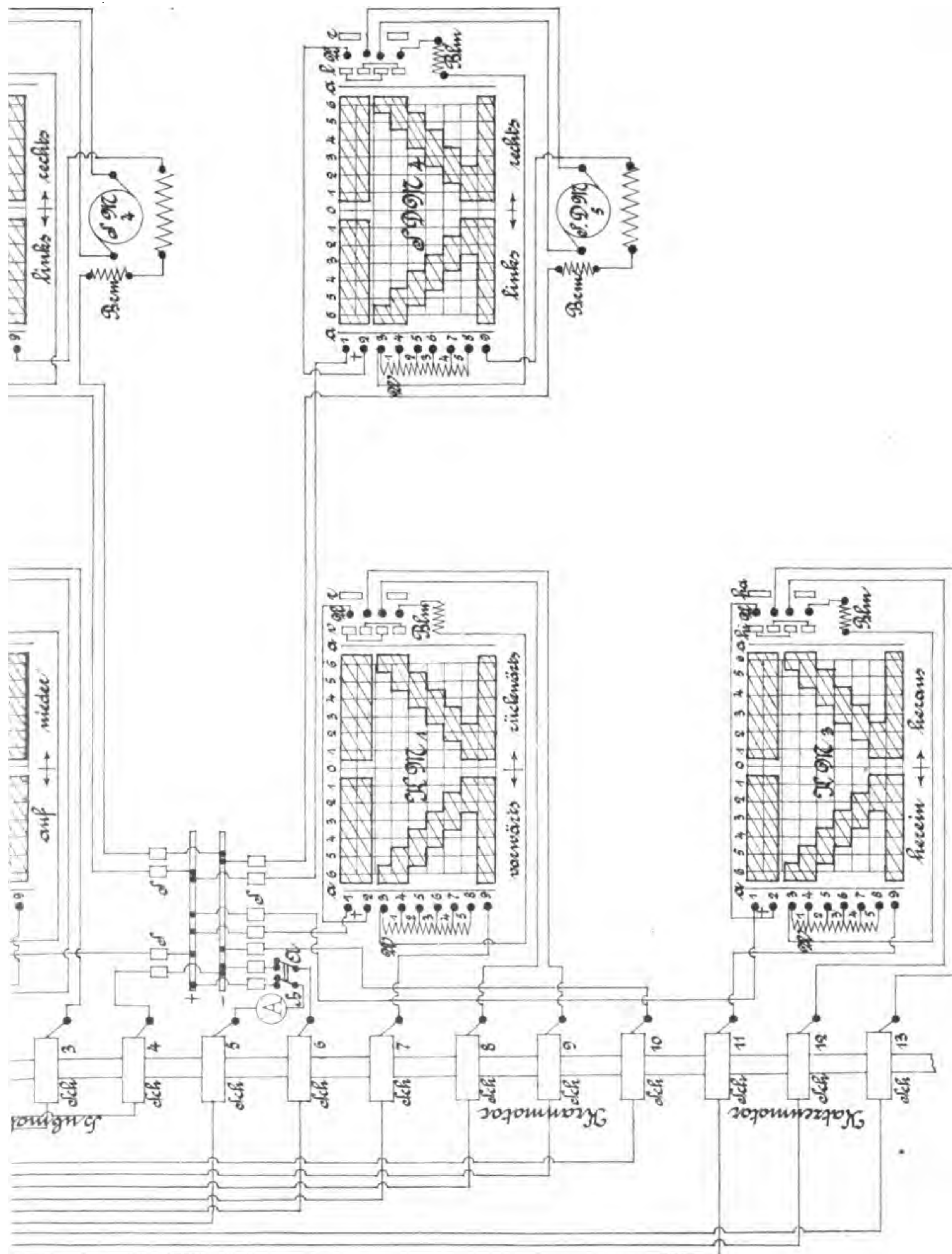
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Hirschfeld, Handbuch.
Band I.



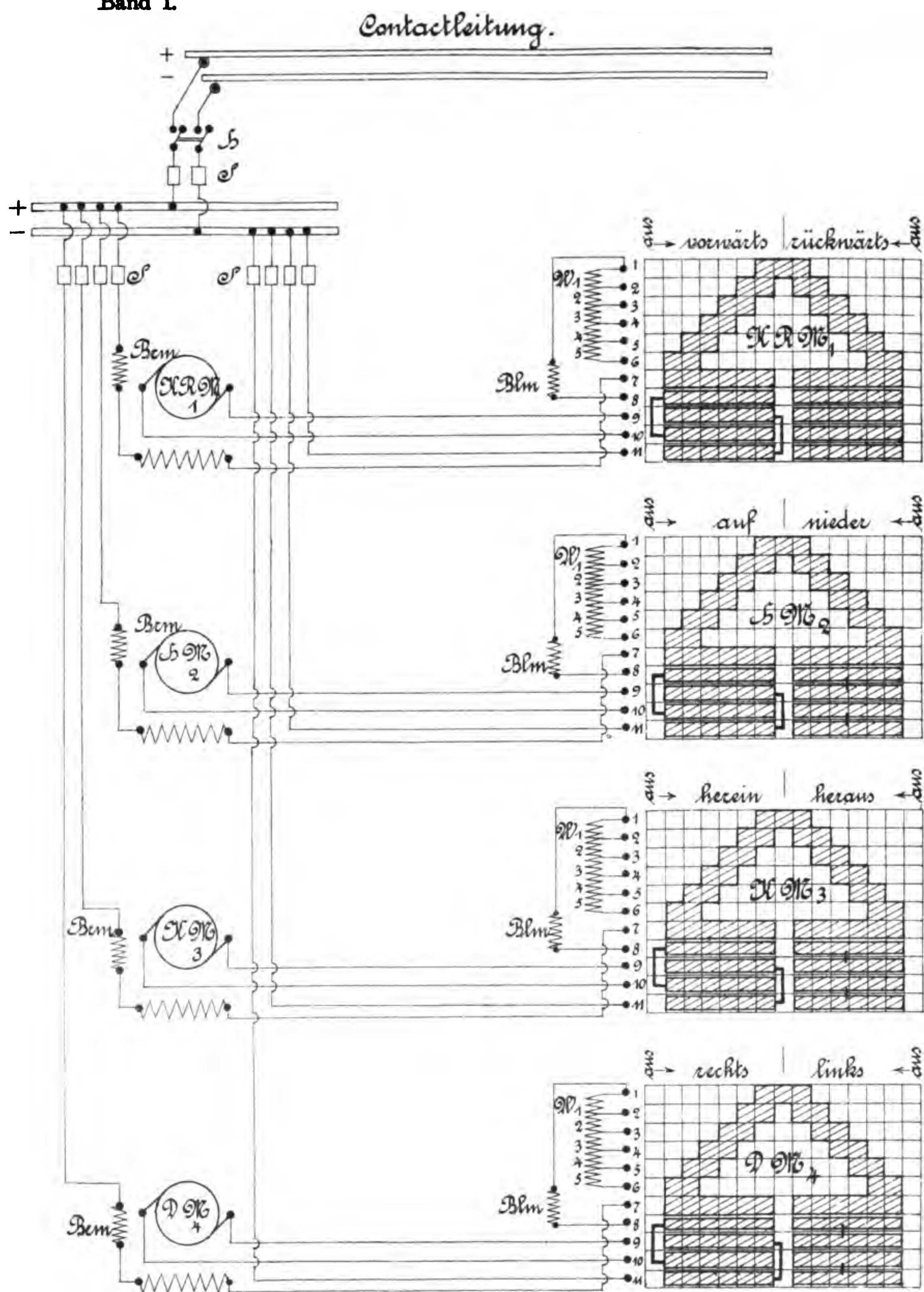
Verlag von Louis Marcus Verl



:sbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

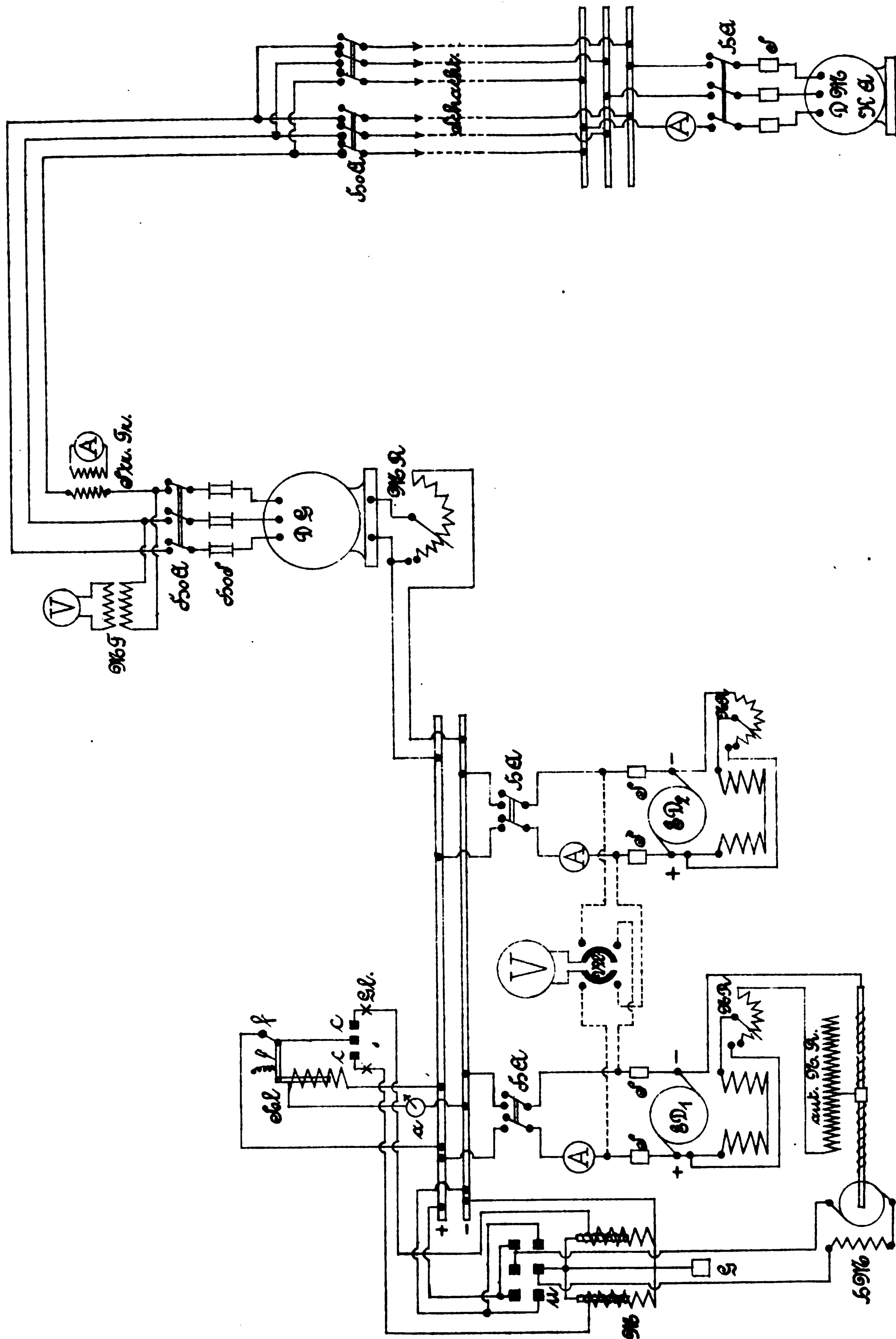
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Contactleitung.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1

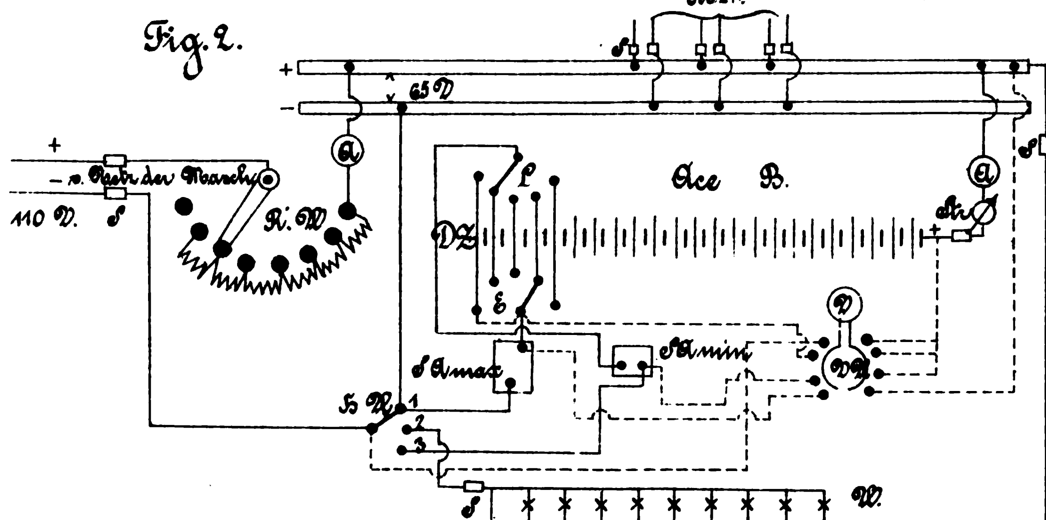
Signale u. Fernzeiger

Licht

Scheinw.

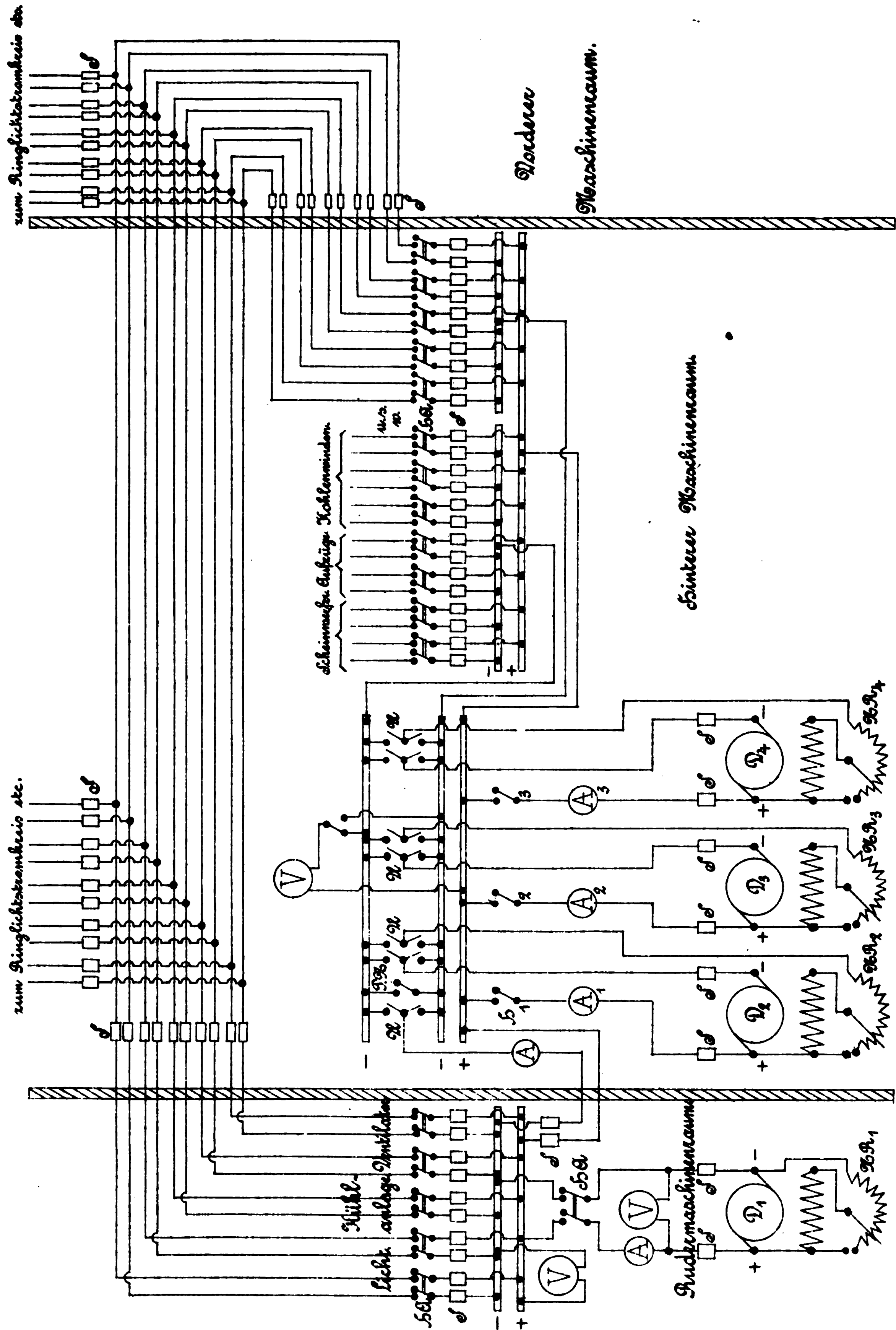
Kraft f. Neben-Mot.

Kraft f. Geschütz u. Munitionsmotoren



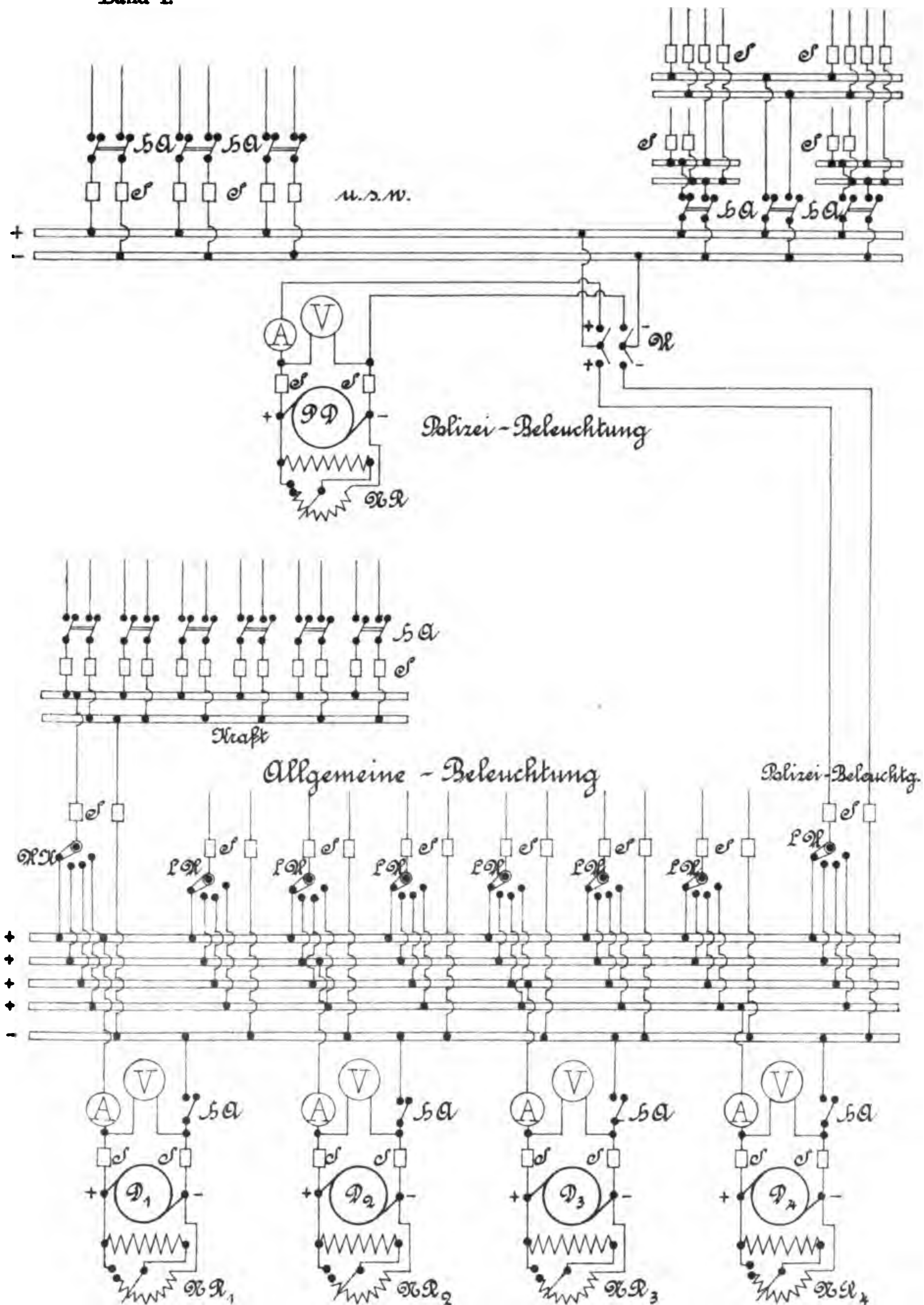
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Hauptverteilungsbrett im Oberdeck.

Dynamo IV im Hauptdeck

Schiffskörper

5 Motoren



Dynamo I-III im Stauungsplan.

Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

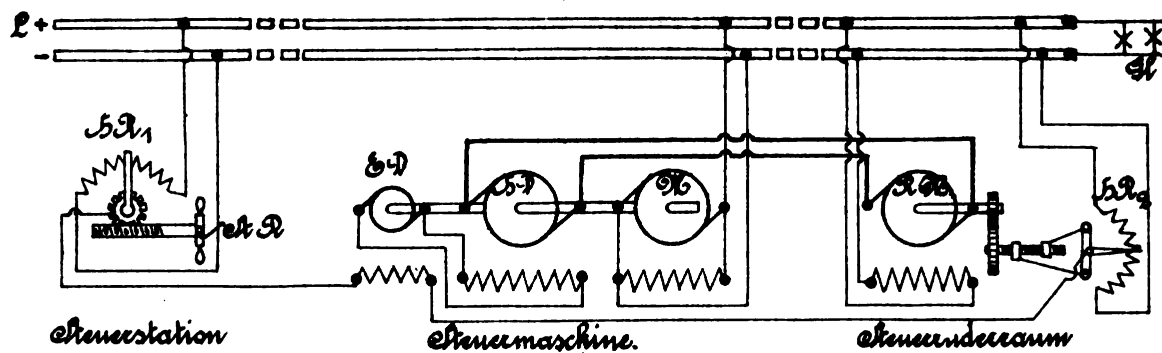


Fig. 2.

Steuerruderraum

Steuermaschine

Steuerstation

Zuleitung

z. Anker d.
Reserve SD

zum Feld d.
Reserve SD

Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

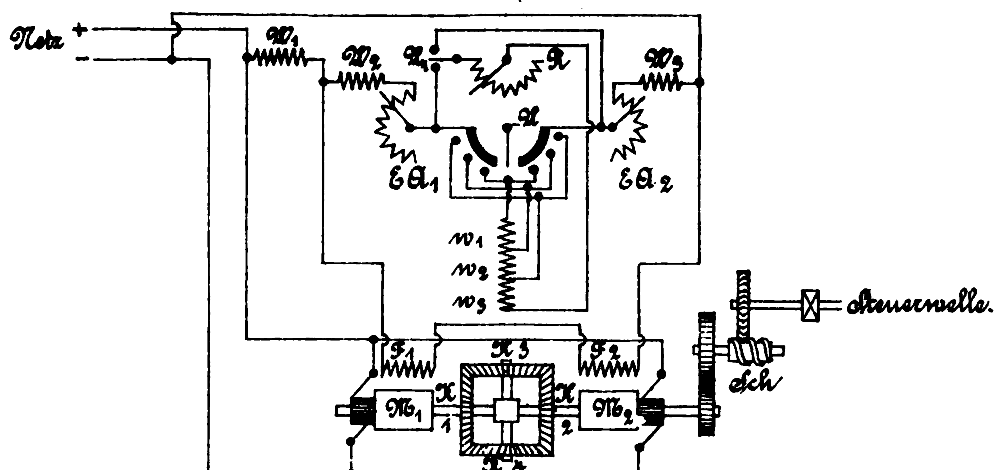


Fig. 2.

Netz
+
-
Ruderlenker I
II
III
IV
Ruderzeiger
1
2
3
4
S
SA
AW
W1
M1
M2
EA1
EA2
F1
F2
W2
W3
a
R
xA
VW

Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

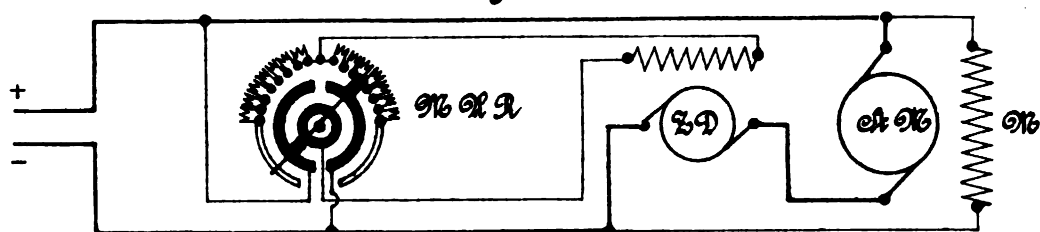


Fig. 2.

SA
+
−
V
A
AM
SA
EM
M
MD
D
A
SA
RW
Tdp
W
EM
TM
r
l

Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 2.

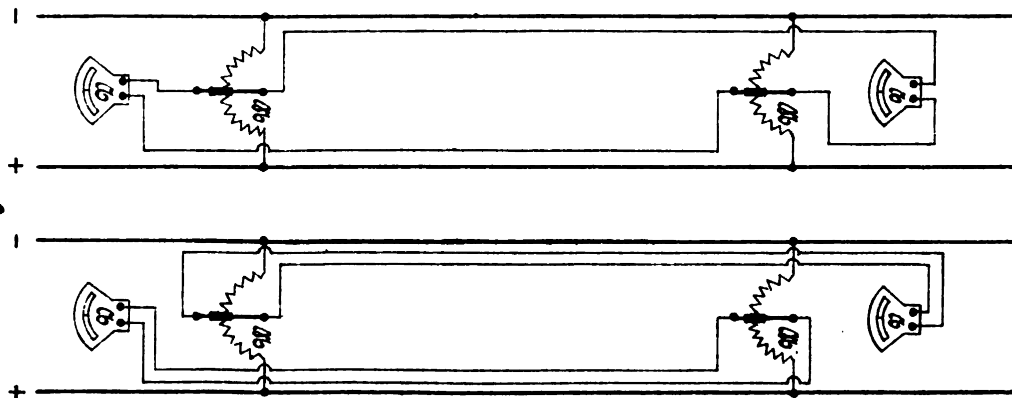
Station II.
Empfänger

Geber

Station I.
Empfänger

Geber

Fig. 1.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

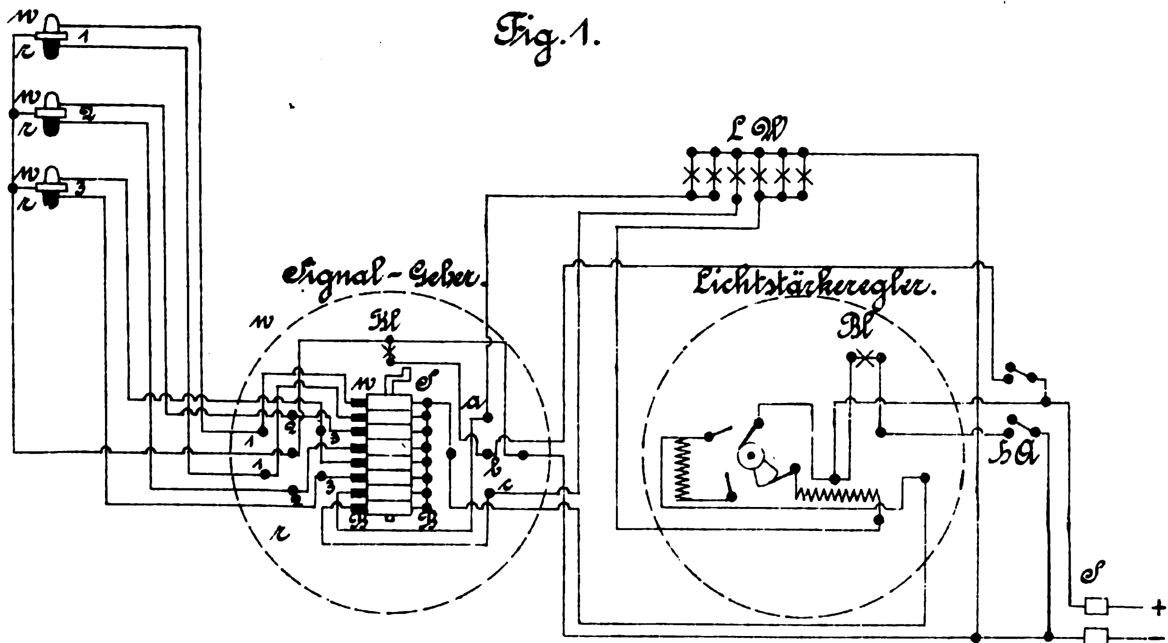


Fig. 2.

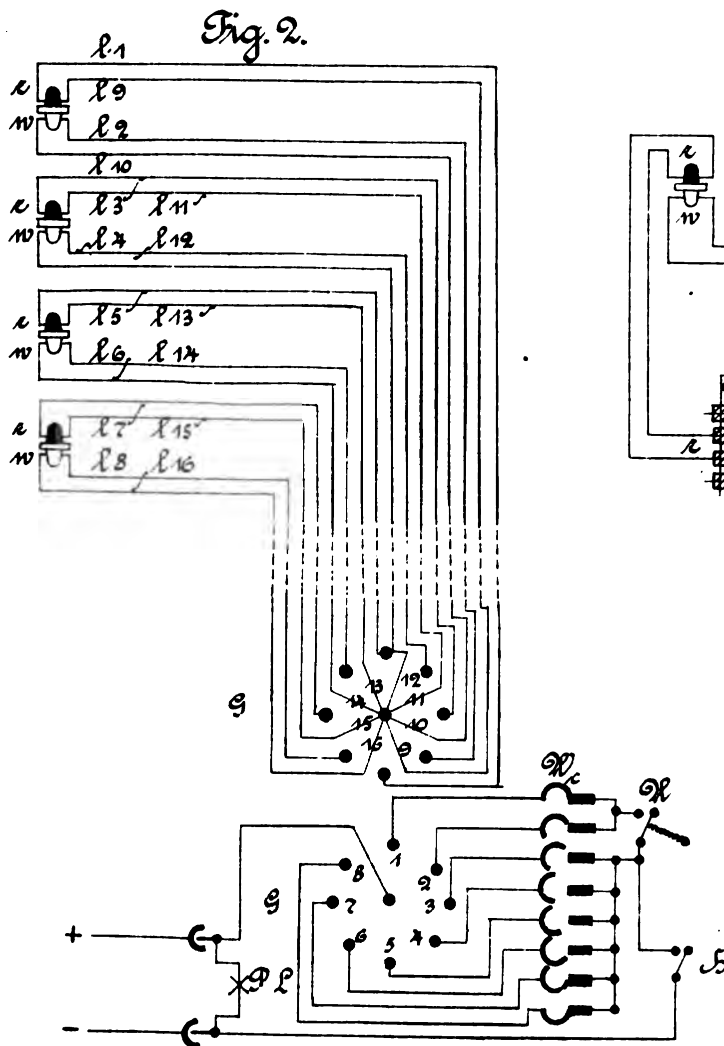
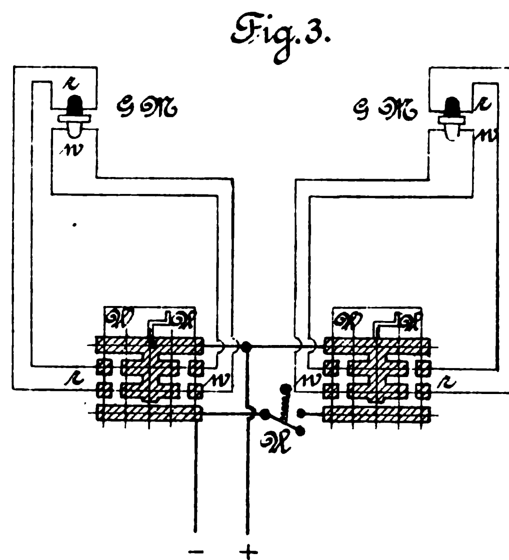


Fig. 3.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

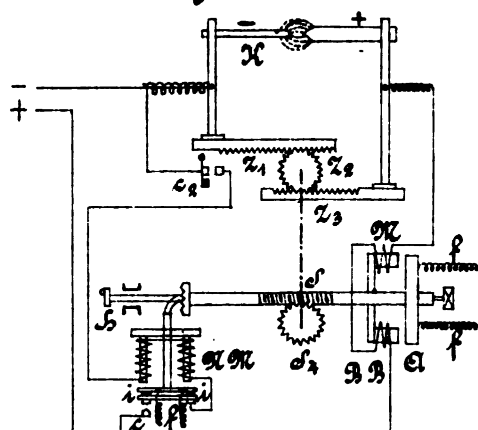
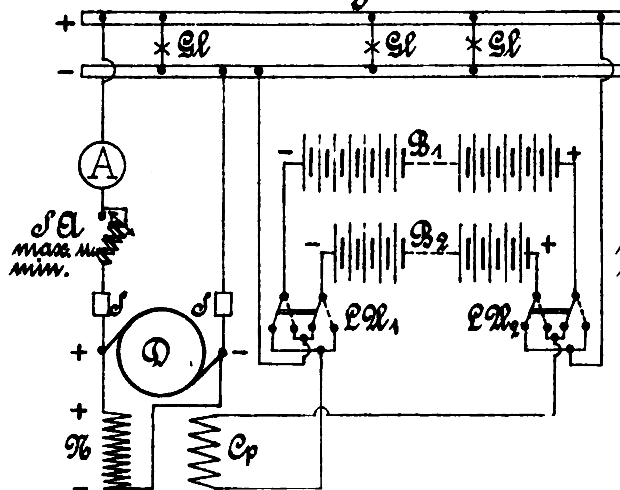
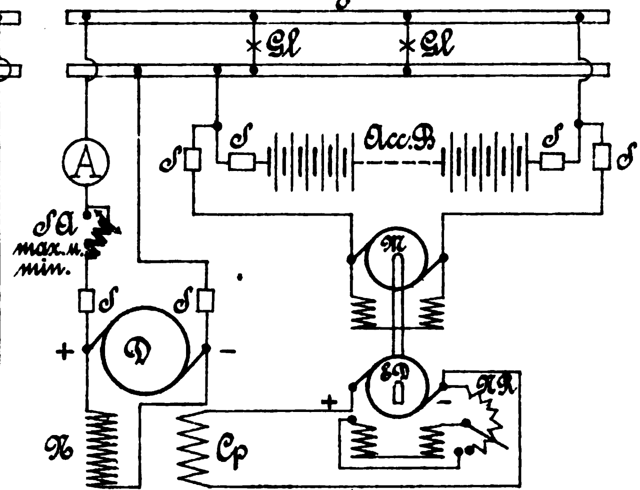


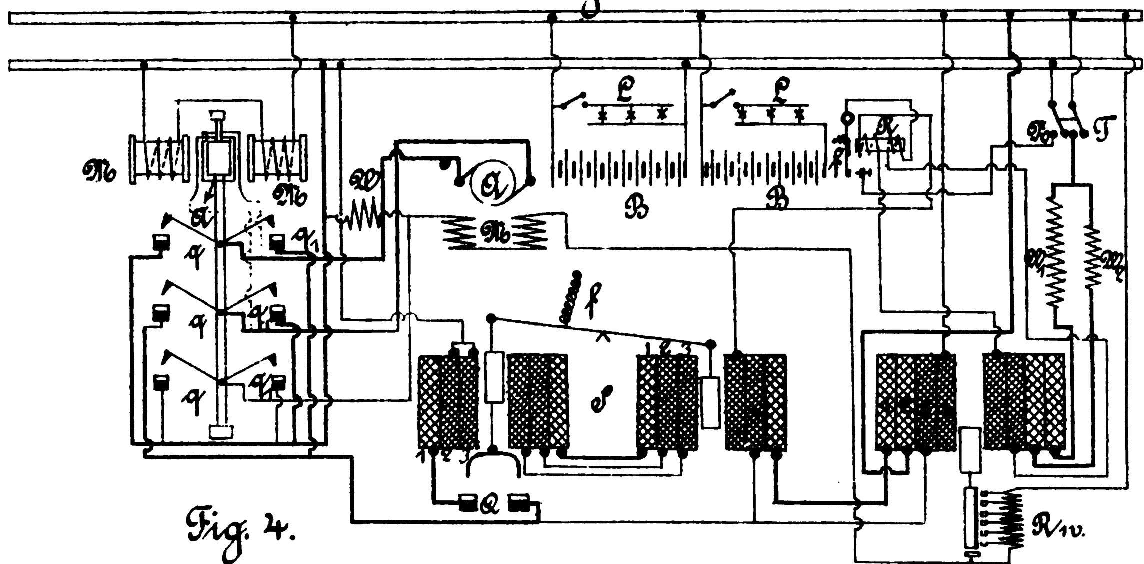
Fig. 2.

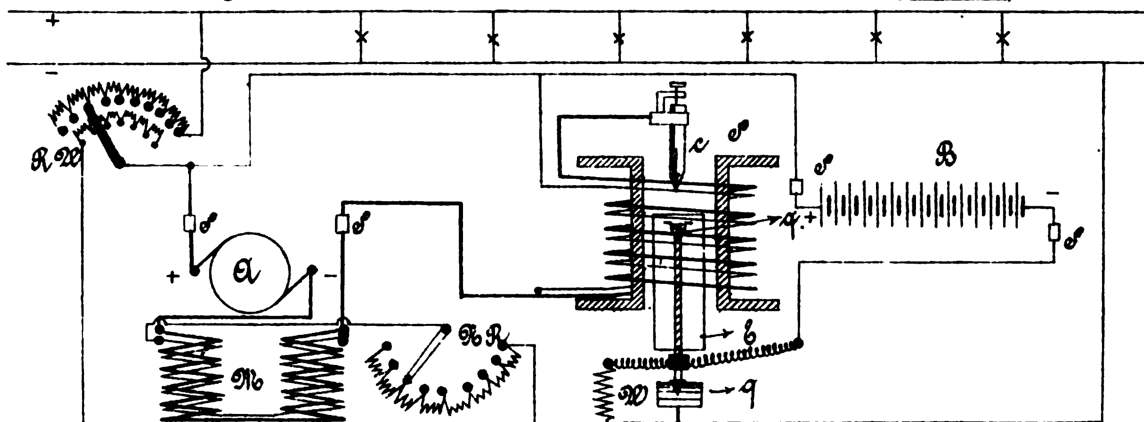
Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.









Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.

Fig. 1.

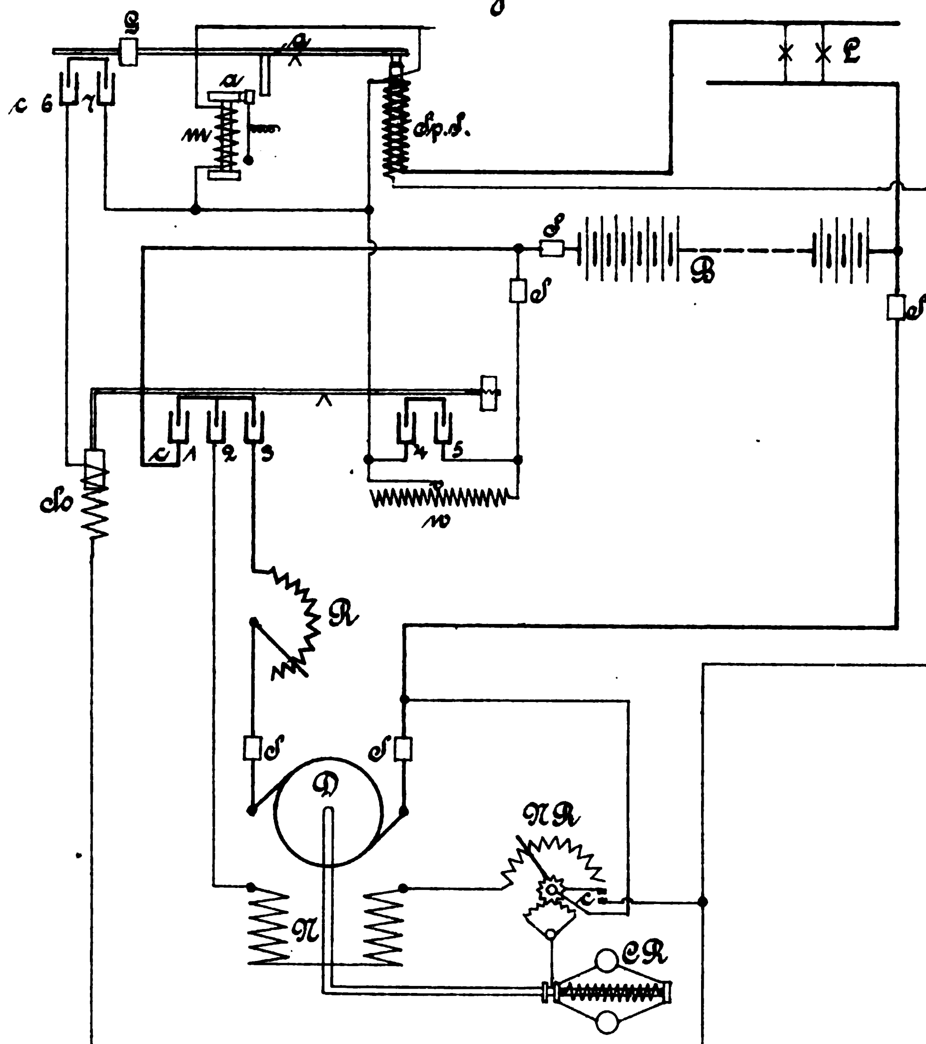


Fig. 2 a.

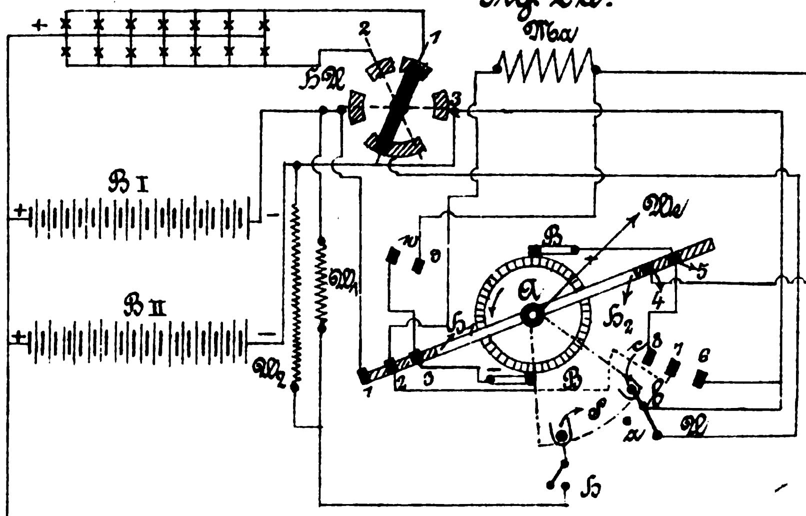
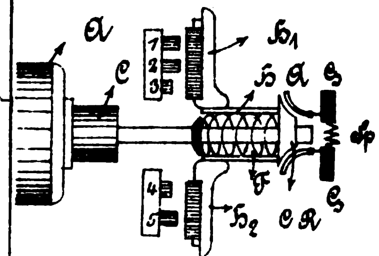


Fig. 2 b.



Lith. Anst. v. Fr. Wiessner, Berlin S.

Verlag von Louis Marcus Verlagsbuchhandlung, Berlin S.W. 61.


89089723241
B89089723241A





